



Workshop

O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo

Anais

8 a 12 de setembro de 2003

Londrina, PR

00187

Anais...

| 2003

PC-2004.00187



26553-1

Embrapa



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Roberto Rodrigues

Ministro

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

José Amauri Dimarzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luiz Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Mauro Motta Durante

Secretário Geral

DIRETORIA-EXECUTIVA DA EMBRAPA

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Diretores

EMBRAPA SOJA

Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni

Chefe Geral

João Flávio Veloso Silva

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Norman Neumaier

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Heveraldo Camargo Mello

Chefe Adjunto de Administração

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas a:

Área de Negócios Tecnológicos da Embrapa Soja

Caixa Postal 231 - CEP 86 001-970

Telefone (43) 3371 6000 Fax (43) 3371 6100 Londrina, PR

e-mail: sac@cnpso.embrapa.br

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa do Comitê de Publicações da Embrapa Soja



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1516-781X
Dezembro, 2003*

Documentos224

Workshop

O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo

Anais

**8 a 12 de setembro de 2003
Londrina, PR**

**Organizado por: George Gardner Brown
Carlos Fragoso
Lenita Jacob Oliveira**

**Londrina, PR
2003**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231

86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6000

Fax: (43) 3371-6100

Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>

e-mail (sac): sac@cnpso.embrapa.br

Embrapa	
Unidade:	AT - SEDE
Valor aquisição:	
Data aquisição:	12/06/04
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	Embr.
N.º Registro:	187/04

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *João Flávio Veloso*

Secretária executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros:

- Clara Beatriz Hoffmann-Campo*
- George Gardner Brown*
- Waldir Pereira Dias*
- Ivan Carlos Corso*
- Décio Luiz Gazzoni*
- Manoel Carlos Basso*
- Geraldo Estevam de Souza Carneiro*
- Léo Pires Ferreira*

Supervisor editorial: *Odilon Ferreira Saraiva*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Capa: *Danilo Estevão*

1ª Edição

1ª impressão 12/2003: tiragem: 200 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Workshop o Uso da Macrofauna Edáfica na Agricultura do Século XXI: a Importância dos Engenheiros do Solo (2003: Londrina, PR).

Anais do Workshop o Uso da Macrofauna Edáfica na Agricultura do Século XXI: a Importância dos Engenheiros do Solo. / - Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003.

236p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.224)

Organizado por George Gardner Brown, Carlos Fragoso, Lenita Jacob Oliveira.

1. Invertebrados. 2. Fauna edáfica. 3. Macrofauna edáfica. I. Título. II. Série.

CDD 592

© Embrapa 2003

Organizadores do Evento

George Gardner Brown - Brasil

Carlos Fragoso - México

Comitê Local de Suporte

Área de Comunicação Empresarial da Embrapa Soja

Daiana Bisognin

Danilo Estevão

Gilceana Soares Moreira Galerani

Lebna Landgraf

Luciana Paula dos Santos

Marisa Yuri Horikawa

Tânia Mara Lopes Oliveira

Promoção e Organização

Instituto de Ecologia (México) e Embrapa Soja (Brasil)

Apoio

CNPq, CONACYT e CYTED

Apresentação

O solo é um dos ambientes mais complexos e desconhecidos do planeta. Esta complexidade ao mesmo tempo promoveu como foi fruto da adaptação de diversos organismos à vida no solo. Dentre os organismos maiores e mais reconhecidos pelos agricultores estão as minhocas, os cupins, as formigas e os corós (larvas de besouros). Estes “engenheiros do ecossistema” podem causar importantes mudanças físicas (buracos, galerias, coprólitos) e químicas (decomposição e mineralização de nutrientes) ao solo, afetando também o solo como ambiente para o desenvolvimento de outros organismos (macro e micro) e as raízes das plantas.

As atividades humanas têm múltiplos impactos diretos e indiretos nas propriedades físico-químicas e na biota do solo. Por isso, para poder-se aproveitar os benefícios da fauna benéfica e poder controlar as pragas, é necessário conhecer os efeitos de diversas técnicas de manejo nas populações e na atividade da biota edáfica. Dessa forma, podem-se buscar usar técnicas que minimizem os impactos negativos na biodiversidade do solo e na atividade da biota edáfica, e que promovam a manutenção ou recuperação dessa diversidade e atividade, e os seus benefícios à produção agrícola possam ser melhor aproveitados.

Neste contexto, há a necessidade de promover estudos multidisciplinares para conhecer e entender melhor a complexidade do ecossistema solo e suas interações, o papel e a importância dos processos biológicos no solo, e como proteger e usar a biota do solo para o benefício da agricultura sustentável. Para tal finalidade, a Embrapa Soja e o Instituto de Ecologia, A.C. (sediado em Xalapa, México) promoveram conjuntamente o workshop “O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: A importância dos engenheiros do solo,” realizada em Londrina, Paraná de 8-12 de setembro, 2003, com o apoio do programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) do México, e o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) do Brasil.

Mais de 20 participantes de 7 países, representando uma ampla gama de especialidades e profissões se uniram para discutir os conceitos e práticas do manejo integrado da macrofauna do solo, concentrando es-pecificamente no potencial uso dos engenheiros do solo na agri-cultura.

A Embrapa Soja teve a honra de ser anfitriã deste evento, e deseja que os resultados sejam promovidos a todos os interessados, especialmen-te aos agricultores, onde a adoção de técnicas de manejo conservacionistas certamente irá ajudar não só a preservar a biota do solo e suas funções benéficas, mas também prevenir desequilíbrios biológicos como os surtos de pragas. Esperamos assim, que estes es-forços contribuam para alcançar um manejo sustentável do solo e dos recursos bióticos do planeta, para o benefício da humanidade.

João Flávio Veloso Silva

*Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja*

Sumário

PALESTRAS E TRABALHOS APRESENTADOS	9
1 El uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI: problemas y perspectivas	11
2 Antecedentes sobre el conocimiento de las lombrices de tierra de la Republica Argentina	20
3 La macrofauna y la conservación de los suelos en pastizales con diferente tipo de manejo en Cuba.....	29
4 Evaluación del impacto de la labranza en suelos vertisoles sobre los macroinvertebrados de un area de Colombia	55
5 Corós como pragas e engenheiros do solo em agroecossistemas	76
6 Diversidad de macroinvertebrados del suelo en sistemas de producción de forraje	87
7 Monitoramento da qualidade de solo hidromórfico através de indicadores biológicos. Desenvolvimento de protocolo	117
8 Abundancia de oligoquetos y gasterópodos con el uso de leguminosas como mantillos y cultivos de cobertera	124
9 Promoción directa o indirecta de la macrofauna en la descomposición de los residuos de cosecha de un cañaveral y de la cachaza	144
10 Comunidades de lombrices de tierra y propiedades fisicoquímicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Tabasco, México	148
11 Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MG, Brasil	160

12	Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no cerrado	167
13	Macrofauna invertebrada do solo em pastagens do norte do Estado do Paraná	175
14	O preparo do solo modificando a macrofauna invertebrada	181
15	Influência de sistemas de cultivo sobre a macrofauna invertebrada do solo	191
16	Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ	200
17	Efectos del manejo agroforestal sobre las comunidades de lombrices de tierra (annelida: oligochaeta) en un sistema montañoso de Cuba	221
18	Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro	223
LISTA DE PÔSTERES APRESENTADOS		225
PARTICIPANTES		229

PALESTRAS E TRABALHOS APRESENTADOS



El uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI: problemas y perspectivas

George G. Brown¹; Carlos Fragoso²

Introducción

La tecnología y el desarrollo científico del siglo XXI han abierto nuevas oportunidades para mejorar el agronegocio, la agroindustria y la calidad del medio ambiente rural. Sin embargo, aún quedan por resolver los importantes retos de aumentar la producción agrícola y producir alimentos de mejor calidad, conservar mejor los recursos naturales y la biodiversidad, mejorar la calidad del agua y del aire y disminuir la desigualdad e injusticia social.

Los más de seis mil millones de habitantes en la tierra, la reciente globalización de la economía y el crecimiento acelerado de la economía en los países emergentes también han puesto nuevas y mayores presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales y sobre la estructura social y económica de los países en desarrollo. Estas presiones incluyen el riesgo de:

- conversión de grandes áreas para la producción agrícola (y destrucción de áreas de vegetación nativa, incluyendo selvas y sabanas);
- cambios climáticos globales (debido principalmente a los gases del efecto invernadero) y sus consecuencias sobre la producción mundial de alimentos;
- epidemias globales humanas o en los principales cultivos agrícolas;

¹ Embrapa Soja; Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR; e-mail: brownng@cnpsa.embrapa.br

² Instituto de Ecología; A.C., A.P. 63, Xalapa, VER., 91000, México

- flujo génico de organismos genéticamente modificados hacia poblaciones nativas de plantas y/o animales y la duda de sus efectos sobre la salud humana.
- degradación del suelo en ecosistemas naturales y agroecosistemas debido al sobreuso o al mal uso de sus recursos (suelo, vegetación, animales, agua).

Estos riesgos para el mantenimiento de la vida humana en el planeta han aumentado las protestas de diversos sectores de la sociedad, promovidas por políticos, ONGs y otros grupos. Además, ha promovido diversos movimientos alternativos de desarrollo que buscan producir alimentos de una forma menos dañina al ambiente (por ejemplo, la agricultura orgánica).

En este contexto, se ha tratado de realizar cada vez más fuertemente una agricultura sustentable para la seguridad alimentar mundial, el combate efectivo de la pobreza, la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico del planeta. La salud de los suelos y la calidad de los ecosistemas terrestres son aspectos fundamentales para la producción sustentable de alimentos y para la viabilidad de los agroecosistemas agrícolas mundiales.

La agricultura sustentable

La agricultura sustentable consiste en el manejo apropiado de los recursos agrícolas para satisfacer las necesidades humanas, simultaneamente manteniendo y/o aumentando la calidad ambiental mediante la conservación de los recursos naturales (en los cuales la agricultura esta basada) para generaciones futuras. La sustentabilidad agrícola requiere, junto con un manejo efectivo de los cultivos y de los recursos hídricos, el manejo adecuado de la fertilidad del suelo, que a su vez depende de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (incluyendo a la biodiversidad).

En la búsqueda de una agricultura sustentable y como una alternativa a las tecnologías de la "revolución verde", surgió el segundo paradigma,

propuesto por Sánchez (1994) y Swift (1999). Este paradigma considera los impactos potencialmente negativos de la agricultura en el ambiente y propone optimizar las interacciones ecológicas y sinérgicas de los componentes biológicos del ecosistema, con objeto de mejorar la eficiencia de los procesos biológicos en la manutención de la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. A través de un enfoque ecológico del uso del suelo y la selección de las prácticas agrícolas adecuadas, la producción puede ser sostenida a largo plazo tanto en ambientes con muchos o pocos recursos.

El segundo paradigma busca disminuir la dependencia de los insumos externos y optimizar el uso de los recursos naturales internos (especialmente biológicos) disponibles. Con estas técnicas se da mayor importancia a la biota del suelo, como elemento clave en la fertilidad del sistema y en la producción vegetal.

Los macroinvertebrados del suelo: ingenieros del ecosistema

El suelo es uno de los ambientes más complejos, biodiversos y desconocidos del planeta. Esta complejidad promovió y a su vez fue fruto de la adaptación de diversos organismos a la vida en el suelo. Miles de especies de organismos pueden vivir en un suelo agrícola, desde los microscópicos microorganismos hasta la macrofauna fácilmente visible.

Estos organismos promueven una variedad de servicios a los ecosistemas incluyendo: descomposición de la materia orgánica, mineralización de los nutrientes, secuestro de carbono, cambio y emisión de gases (incluyendo los gases del efecto invernadero), infiltración del agua en el suelo, agregación del suelo, protección de la planta contra enfermedades y plagas (control biológico), bioremediación y recuperación de áreas degradadas o contaminadas. Sin embargo, existen también algunos organismos, tanto micro como macro, que causan problemas para el suelo o para los cultivos agrícolas. La búsqueda de cómo controlar o minimizar los daños causados por los organismos nocivos a la agricul-

tura y al mismo tiempo, promover y maximizar las potenciales ventajas de los organismos benéficos son dos grandes retos de la agricultura en el siglo 21.

La macrofauna de invertebrados del suelo incluye organismos de más de 20 grupos taxonómicos, que pueden ser tanto benéficos como plagas de los cultivos. Se caracterizan por tener un tamaño mayor de 2 mm de diámetro y pasar una parte importante de su ciclo de vida dentro del suelo o en su superficie. Entre los organismos mayores más conocidos por los agricultores están las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas y las 'gallinas ciegas' (larvas de escarabajos). Éstos son los 'ingenieros del ecosistema', que causan importantes modificaciones físicas en el suelo (hoyos, galerías, y depósito de excrementos) modulan y afectan el medio ambiente para otros organismos y plantas y alteran consecuentemente la disponibilidad de recursos (alimentos, habitat) para otros animales y las raíces (Lavelle et al., 1997; Brown et al. 2000).

Desgraciadamente las plagas siempre han recibido mayor atención, por lo que los benéficos generalmente son menos conocidos y quedan relegados a un segundo plano. Por ejemplo, de las 2000 especies de termitas y 10.000 especies de hormigas estimadas a nivel mundial, apenas una minúscula fracción (menos del 5%) pueden ser consideradas plagas de importancia económica; el resto de las especies deberían ser consideradas benéficas o al menos inofensivas (Brandão, comunicación personal).

La actividad humana tiene múltiples impactos directos e indirectos sobre la diversidad y las propiedades físico-químicas del suelo. Consecuentemente, para aprovechar mejor el potencial benéfico de la macrofauna de invertebrados en la agricultura, es necesario conocer: 1) los animales del suelo y sus características biológicas y ecológicas con relación al ambiente edáfico; 2) el efecto de las diferentes prácticas agrícolas y de los cambios en el paisaje rural sobre las poblaciones y actividades de los organismos benéficos y las plagas; y 3) el efecto de estos organismos sobre las propiedades del suelo y el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, el conocimiento actual de estos fenómenos continúa fragmentado y está concentrado principalmente en los centros de investigación limitando, por lo tanto, su aplicación práctica por parte de los agricultores. Este desconocimiento por parte de los agricultores se debe principalmente a la dificultad de observación y entendimiento de la biota edáfica y sus complejas interacciones y la falta de soluciones integrales para agroecosistemas específicos. También existe poca capacidad institucional y servicios de apoyo que permitan una difusión del conocimiento actual hacia los campesinos y una aproximación de las instituciones hacia las prácticas del agricultor.

El conocimiento ecológico y taxonómico de organismos claves como los ingenieros del ecosistema son aspectos fundamentales para poder implementar proyectos de monitoreo y manipulación que intenten elevar o mantener la fertilidad de los suelos (Lavelle et al. 1995). Actualmente no se sabe a ciencia cierta la importancia de la diversidad de especies dentro de cada grupo funcional y su posible efecto sobre los procesos edáficos. Sin embargo, y debido a las relaciones jerárquicas existentes, los cambios en los niveles altos en la cadena trófica y de interrelaciones funcionales serán más importantes a nivel del funcionamiento global del sistema edáfico. De este modo acciones centradas en los macroinvertebrados edáficos estarán, indirectamente, afectando a otros grupos subordinados.

El proyecto macrofauna

La problemática anteriormente planteada fue una de las razones que llevaron a la implementación del proyecto "Diversidad de la macrofauna de invertebrados en el suelo: implicaciones ecológicas", presentado por el Instituto de Ecología, A.C., en Xalapa, México en 1999 al programa CYTED (Ciência y Tecnología para el Desarrollo). Los objetivos principales de este proyecto fueron:

- poner en contacto a especialistas de América Latina y España y realizar talleres (*workshops*) para discutir aspectos y problemas de índole taxonómica, ecológica y de manipulación práctica de los principales

grupos macrofaunísticos del suelo con potencial para mantener y/o incrementar la fertilidad del suelo así como para ser usados en planes de monitoreo.

- apoyar a la formación de recursos humanos (a través de subproyectos de investigación), así como el entrenamiento y la asesoría a cualquier grupo iberoamericano interesado en participar en los talleres a realizarse.
- consolidar grupos de trabajo en los diferentes países, capaces de llevar a cabo proyectos conjuntos para la manipulación de la macrofauna edáfica con resultados claros sobre la fertilidad y conservación de los suelos y costeables desde el punto de vista económico.
- reconocer las principales especies formadoras, mantenedoras y mejoradoras de la fertilidad del suelo en términos de: estructura física, sincronía entre la demanda de las plantas y la disponibilidad de nutrientes, descomposición y conservación de la materia orgánica, infiltración etc.
- analizar, discutir y obtener la metodología óptima para el manejo e introducción de diferentes especies de lombrices de tierra para elevar la fertilidad del suelo en sistemas agronómicos y forestales.
- elaborar un libro ("Los ingenieros del ecosistema edáfico: diversidad, ecología y manejo en el neotrópico") sobre los macroinvertebrados del suelo, concentrando la información disponible sobre taxonomía, ecología y el manejo de los tres principales ingenieros del ecosistema (las lombrices, termitas y hormigas).

El intercambio entre los científicos y los talleres realizados de 2000 a 2003 permitieron avanzar en aspectos taxonómico-ecológicos y de manejo en algunos países participantes del proyecto. Los resultados obtenidos de los talleres, reuniones y acciones (desarrollo de proyectos locales mediante la formación de estudiantes de posgrado) fueron recopilados e incluidos en el libro, que será el punto de partida para la implementación de proyectos de carácter más aplicado.

El taller "uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI"

Como parte del proyecto se realizaron 5 talleres, 3 de ellos en México (1 en Xalapa, 1 en Mérida, 1 en Huatusco), uno en Perú y este último en Brasil. El título escogido para ese último taller fue "El uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI: La importancia de los ingenieros del suelo." El taller se realizó en Londrina, estado de Paraná, Brasil, del 8 al 12 de septiembre, en el Comfort Suites Hotel y reunió a 23 personas de 7 países (Brasil, México, Argentina, Colombia, Perú, Cuba e España) pertenecientes al proyecto CYTED.

En este taller las actividades se centraron en cuatro objetivos principales:

- Presentar los trabajos realizados hasta el momento y compartir las experiencias de cada país en cuanto a los resultados obtenidos en los últimos cuatro años del proyecto en los temas de ecología, taxonomía y manejo de los macroinvertebrados edáficos en diferentes ecosistemas;
- Terminar la elaboración del libro y realizar proyectos conjuntos que incluyen la manipulación de la macrofauna edáfica para mejorar la fertilidad del suelo;
- Realizar una autoevaluación acerca de los logros del proyecto y su impacto sobre las actividades de investigación de cada participante;
- Planear acciones futuras para la consolidación y diversificación de la red de investigadores trabajando con los macroinvertebrados del suelo en Latino-América.

Durante el *workshop* se realizaron 10 conferencias orales y se presentaron 13 posters. Los anales incluyen 18 trabajos que tratan diversos temas discutidos durante el *workshop*. Solamente un trabajo abordó el difícil y muy abandonado tema de la taxonomía de los macroinvertebrados, en este caso sobre las lombrices de tierra de Argentina (Michis). El efecto de las prácticas de manejo agrícola y de la recuperación de áreas perturbadas (antropizadas) sobre las poblaciones

de los macroinvertebrados edáficos fue el tema más discutido, con 14 trabajos. Entre estos, se presentaron varios estudios sobre el efecto del manejo de pastizales y de los sistemas de preparación del suelo (siembra directa vs. labranza convencional). Los efectos de los macroinvertebrados sobre las propiedades del suelo fue apenas tratado en dos trabajos (Barois et al., Oliveira et al.). Claramente, hay una gran necesidad de complementar los trabajos meramente descriptivos de poblaciones bajo diferentes sistemas de manejo, con estudios de los efectos de la fauna sobre el suelo y de como la biodiversidad y actividad de estos organismos pueden ser optimizados en los agroecosistemas, en beneficio del suelo y la productividad del ecosistema.

Esperamos que estos anales y los trabajos aquí incluidos sean de utilidad para promover la discusión de mejores técnicas de manejo y para aprovechar mejor las actividades de los macroinvertebrados edáficos, especialmente los 'ingenieros del suelo,' para el beneficio de la agricultura del siglo XXI y la humanidad en general.

Referencias

BROWN, G.G., I. BAROIS Y P. LAVELLE 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36: 177-198.

LAVELLE P., DANGERFIELD M., FRAGOSO C., ESCHENBRENNER V., LOPEZ D., PASHANASI B. Y L. BRUSSAARD. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: P.L. WOOMER Y M.J. SWIFT (eds): *The management of Tropical Soil Biology and Fertility*. Wiley-Sayce Publication.

LAVELLE, P., D. BIGNELL, M. LEPAGE, V. WOLTERS, P. ROGER, P. INESON, O.W. HEAL Y S. GHILLION, 1997. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159-193.

SANCHEZ, P.A. 1994. Tropical soil fertility research: towards the second paradigm. In: Transactions of the 15th World Congress of Soil Science, Volume 1. ISSS, Acapulco, Mexico. pp. 65-88.

SWIFT, M.J. 1999. Towards the second paradigm: Integrated biological management of soil. In: J.O. SIQUEIRA, F.M.S. MOREIRA, A.S. LOPES, L.R.G. GUILHERME, V. FAQUIN, A.E. FURTANI NETO AND J.G. CARVALHO (eds.), Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. UFLA, Lavras, Brasil. pp. 11-24.

2

Antecedentes sobre el conocimiento de las lombrices de tierra de la Republica Argentina

Catalina C. Mischis¹

Es conocido desde la antigüedad el valor de las lombrices de tierra como animales útiles pues ya, Aristóteles, había dicho que eran “el intestino de la tierra”. Sin embargo no sólo existe documentación antigua que avala los conocimientos sobre las actividades benéficas que ejercen en el suelo (White, 1789), sino también hay datos que se refieren al valor que tienen en la medicina folklórica (Reynolds & Reynolds, 1972).

Se considera a Darwin como el padre de la Biología del Suelo tanto por las observaciones que realizó sobre las lombrices de tierra como por sus conclusiones en la participación de los organismos en la formación del suelo.

Años antes de dedicarse a las lombrices de tierra, precisamente entre Diciembre de 1831 y Octubre de 1836, Darwin realizó un viaje alrededor del mundo a bordo del barco “Beagle”. En ese periplo recorrió numerosos países interesándose por la flora, fauna y por la población nativa de las regiones que visitaba. Cuando llegó a la Argentina, recorrió varias provincias documentando sus observaciones y hallazgos, pero en su diario de viaje no mencionó a las lombrices de tierra ya que en ese tiempo Darwin no estaba interesado en esa fauna. Al regresar a su país y por iniciativa de su tío y posteriormente suegro Josiah Wedgwood, comenzó a observar y tomar notas sobre estos animales.

¹ Cátedra Diversidad Animal I, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba, Vélez Sársfield 299, 5000 Córdoba, Argentina; e-mail: misch@com.uncor.edu

Tales observaciones se expusieron por primera vez en la Sociedad Geológica de Londres y luego fueron publicadas (Darwin, 1837; 1840; 1844). Posteriormente, y durante casi 40 años Darwin, estudió a las lombrices en su medio escribiendo como fruto de esas observaciones su famoso libro "*The formation of vegetable mould through the action of the worms*" (La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices de tierra) que fue publicado en 1881 y traducido a varios idiomas.

Con respecto a la Argentina, los primeros datos sobre colectas de lombrices de tierra son de 1852 y fueron aportadas por la tripulación sueca que viajaba a bordo de la Fragata Eugenia. Kinberg en Estocolmo determinó el material colectado publicando los resultados en 1866; años después, Michaelsen (1900) las reexaminó. Las muestras están depositadas en el Museo de Historia Natural de Estocolmo.

En 1879, H. Weyenberg, Profesor de Zoología en Córdoba, describió cuatro especies de Lumbricidae: *Lumbricus matutinus*; *L. dissidens*; *L. corduensis* y *L. argentinus*. Las tres primeras especies fueron colectadas en Córdoba y la cuarta provenía de la provincia de Buenos Aires. Las descripciones breves e incompletas sumado a la pérdida de los tipos hizo que Michaelsen (1900) las considerara "*species dubiae*". Hoy se ha determinado que: *L. matutinus* es *Aporrectodea trapezoides*; *L. dissidens* es *Microscolex dubius*; *L. corduensis* es un Glossoscolecidae y *L. argentinus* es *Octolasion tyrtaeum* (Mischis, 1997).

En 1881 E. Perrier describió una especie colectada por sus compatriotas franceses que vivían en la "República de la Plata". Con este nombre no existía ni existe ninguna localidad, aunque sin dudar, era de la Argentina. Los especímenes (nominados?) probablemente se encuentren en el Museo de Historia Natural de París.

En el año 1890, Rosa describió *Acanthodrilus spegazzinii* colectada por el botánico Spegazzini en Temperley (provincia de Buenos Aires) y en 1895 publicó su monografía "*Contributo allo studio dei terricoli neotropicali*" (Contribución al estudio de lombrices neotropicales). A

finales del siglo XIX, los viajeros coleccionistas italianos Carlo Spegazzini, Alfredo Borelli y Filippo Silvestri colectaron lombrices de tierra y mas tarde, los taxónomos Danielle Rosa y Luigi Cognetti de Martius iniciaron una colección con los especímenes procedente de la Argentina y países limítrofes. Estos se encuentran en el Museo de Historia Natural de Torino.

Durante la expedición científica del Museo de Historia Natural de Hamburgo al Estrecho de Magallanes (Al Sur de Chile y Argentina), a su paso por Buenos Aires colectaron *Eukerria* que fue descrita por Beddard en 1895 como *Kerria rosae*.

F. Lahille, publicó en 1922 un listado de especies de la República Argentina e incluyó especies nativas e introducidas pero no menciona las especies neotropicales descritas por Rosa y Cognetti de Martius. L. Cernosvitov, colectó en 1935 y 1937 lombrices en la provincia de Misiones (especialmente Enchytraeidae y Ocherodrilidae) que luego resultaron ser dos especies descritas por Jamieson (1962).

El uruguayo E. Cordero publicó en 1942 los Oligoquetos terrestres del Museo Argentino de Ciencias Naturales. Esta publicación contiene las descripciones de cinco nuevas especies: *Eukerria weyenberghi*, *E. tucumana*; *Acanthodrilus doello-juradoi*, *Glossoscolex bonariensis* y *Diaguita michaelseni*.

En el Instituto Miguel Lillo (Tucumán) K. Gavrilov, en la década del 40 y hasta su muerte acaecida en 1982, estudió la sexualidad y reproducción de los oligoquetos y realizó importantes estudios sobre especies del género *Eukerria*.

P.O. Ljungström entre 1971 y 1973 estudió la oligoquetofauna de la Argentina especialmente de la Provincia de Santa Fe, dejando una importante producción científica a pesar de su corta estancia en el país.

Desde 1965 y hasta su muerte en 1999, G. Righi se dedicó al estudio de los oligoquetos neotropicales y contribuyó notablemente al conocimiento de las lombrices de tierra de la Argentina como se puede apreciar en su profusa bibliografía.

Actualmente en la Argentina, estudiosos de esta fauna tuvieron la fortuna de recibir las enseñanzas y directivas del Dr. Gavrilov y del Dr. Righi. Esto permitió que las investigaciones continúen en estos días y que se estén reorganizando las colecciones olvidadas para que persistan como referencia en el futuro.

El Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" posee material perfectamente identificado y catalogado. En el Instituto Miguel Lillo en Tucumán, se encuentra la importante colección realizada por el Dr. Gavrilov, la misma está siendo reorganizada e informatizada. En el Museo de Zoología de Córdoba está la colección de especies de esta provincia.

La oligoquetofauna de lombrices de la Argentina esta compuesta por seis familias, 32 géneros y 76 especies (Mischis, 2000):

Familias	Generos	Especies
Glossoscolecidae	9	14
Ocnerodrilidae	6	20
Acanthodrilidae	3	9
Octochaetidae	1	3
Almidae	1	1
Megascolecidae	5	14
Lumbricidae	7	15

Con el fin de satisfacer el interés de algunos investigadores y simplificar el estudio de estos animales, se detalla sólo la lista de especies colectadas en la Argentina y depositadas en las colecciones de diferentes Instituciones del país y del exterior así como el número de las muestras con la que están registradas. Se hace necesario destacar que la colección depositada en el Museo de Zoología de Sao Paulo con las siglas ZU seguida de un número, actualmente está siendo revisada por la Dra. Ana Moreno por lo que algunos números de las muestras pueden variar.

Los nombres completos de las instituciones y las correspondientes abreviaturas son: Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (Mus. Arg. Cs. Nat); Colección Helminológica Fundación Miguel Lillo- Instituto Miguel Lillo, Tucumán, Argentina (CH-FML); Museo de Zoología Sao Paulo, Brasil (ZU); Museo Británico de Historia Natural, Londres, UK. (Mus. Brit. Hist. Nat.); Museo de Historia Natural Estocolmo, Suecia (Mus. Hist. Nat. Estocolmo); Museo de Zoología de Hamburgo, Alemania (Mus. Zool. Hamburg).

Familia Glossoscolecidae

- *Diachaeta (O) exul*, Stephenson, 1931 (ZU-535).
- *Enantiodrilus borelli* Cognetti de Martiis, 1902 (CH-FML 7410).
- *Glossodrilus parecis*, Righi & Ayres, 1975 (ZU-1304)
- *Glossoscolex bergi* (Rosa, 1900) (Mus. Arg. Cs. Nat. 4797; 5486; 7556).
- *Glossoscolex bonariensis* Cordero, 1942 (Mus. Arg. Cs. Nat. 19390) (ZU- 388 A; 388B; ZU-405).
- *Glossoscolex (G) corrientus*, Righi, 1984 (ZU-537; ZU-538).
- *Glossoscolex uruguayensis* Cordero, 1943 (CH-FML : 295).
- *Glossoscolex uruguayensis ljunstromi* Righi, 1978 (ZU- 402; 403).
- *Opisthodrilus borelli borelli* (Rosa, 1895) (ZU-512).
- *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1847) (CH.FML 293; 294; 7392; 7401) y (ZU-483).

Familia Ocnerodrilidae

- *Belladrilus auka* Righi & Mischis, 1999 (ZU-1302A; 1302B).
- *Belladrilus jimi* Righi, 1984 (CH-FML 7430) y (ZU-517; ZU-556; ZU-530; ZU-530).
- *Belladrilus (Santomesia) emiliani* Righi, 1984 (ZU-555; ZU-529).
- *Eukerria eiseniana* (Rosa, 1895) (CH-FML 3503; 3504) y (ZU-483; ZU-549).

- *Eukerria garmani argentinae* Jamieson 1970 (CH-FML: 2140; 2141) y (Mus. Brit. Hist. Nat.: 1949.3.1.1165-1194).
- *Eukerria rosae* (Beddard, 1895) (Mus. Brit. Hist. Nat. 1904.10.5.929/33).
- *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895) (CH-FML 1302) y (ZU-507; ZU-551).
- *Eukerria santafesina* Ljungström, 1971 (Mus. Hist. Nat. Estocolmo).
- *Eukerria stagnalis* (Kinberg, 1867) (Mus. Arg. Cs. Nat. 19367, 25116).
- *Eukerria subandina* (Rosa,1895) (CH-FML 1466; 3511) y (ZU-550).
- *Eukerria tucumana* Cordero, 1942 (Mus. Arg. Cs. Nat. 10447) (CH-FML 6240) y (ZU-552).
- *Eukerria weyenberghi* Cordero, 1942 (Mus. Arg. Cs. Nat. 18162).
- *Ilyogenia comondui* Eisen, 1900 (ZU-554).
- *Ocnerodrilus occidentalis* Eisen, 1878 (ZU-553; ZU-532).
- *Quechuona michaelsoni* Jamieson, 1962 (Mus. Brit. Hist. Nat. 1949.3.1.1201).

Familia Acanthodrilidae

- *Acanthodrilus doello-juradoi* Cordero, 1942 (Mus. Arg. Cs. Nat. 5782).
- *Microscolex collislupei* Michaelson, 1910 (Mus. Zool Hamburg, sin número).
- *Microscolex dubius* (Fletcher, 1887) (CH-FML 3667; 7292) (Mus. Arg. Cs. Nat.19981) (ZU-525; ZU-526; ZU-527; ZU-528).
- *Microscolex georgianus* (Beddard, 1895) (Mus. Arg. Cs. Nat.10006).
- *Microscolex michaelsoni* Beddard, 1895 (Mus. Arg. Cs. Nat. 5782a).
- *Microscolex phosphoreus* (Dugés, 1837) (CH-FML 7449).
- *Yagansia papillosa* (Beddard, 1895) (Mus. Arg. Cs. Nat. 5782b).

Familia Almididae

- *Alma* sp. (CH-FML 5509)

Familia Megascolecidae

- *Pheretima californica* = *Metaphire californica* (Kinberg, 1867) (ZU-400; ZU-401; ZU-406; ZU-487; ZU-499).
- *Pheretima hawayana* = *Amyntas gracilis* (Rosa, 1891) (Mus. Arg. Cs. Nat. 7577; 1607; 18161).
- *Pheretima morrissi* = *Amyntas morrissi* (Beddard, 1892) (ZU-407).
- *Pheretima pothuma* = *Metaphire posthuma* (Vaillant, 1868) (Mus. Arg. Cs. Nat. 19389, 19391b).

Familia Lumbricidae

- *Allolobophora caliginosa* (Savigny, 1826) (ZU-493; ZU-495; ZU-486; ZU-497; ZU-508).
- *Allolobophora rosea* = *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826) (ZU-484; ZU-485; ZU-498; ZU-501; ZU-502).
- *Allolobophora trapezoides* (Dugés, 1828) (Mus. Arg. Cs. Nat. 19391a, 19392; 19586, 21007) (ZU-390; ZU-392; ZU-393; ZU-395; ZU-397; ZU-399).
- *Bimastos parvus* (Eisen, 1874) (ZU-398; ZU-506).
- *Bimastos tenuis* (Eisen, 1874) (Mus. Arg. Cs. Nat. 21927).
- *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) (ZU-389).
- *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (ZU-505).
- *Eisenia rosea* = (Savigny, 1826) (ZU-391; ZU-394; ZU-396; ZU-404; ZU-500; ZU-503; ZU-504).
- *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826) (Mus. Arg. Cs. Nat. 19389a).
- *Octolasion tyrtaeum* (Savigny, 1826) (ZU-496; ZU-488; ZU-494).

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la Dra. Ernestina Teisaire de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán por revisar las colecciones y proporcionar los números de las muestras, del mismo modo al Lic. Alejandro Tablado del Museo Argentino Bernardino Rivadavia y al Lic. Eric Gonçalves del Museo de Zoología de Sao Paulo (Brasil) por corroborar los especímenes y los números solicitados.

Referencias

- CORDERO, E. 1942. Oligoquetos terrícolas del Museo Argentino de Ciencias Naturales. An. Mus. Arg. Cienc. Nat. B. Aires (Helmintología pub. N° 6), 10: 269 – 293.
- DARWIN, C. 1837. On the formation of the mould. Proc. Geol. Soc., 2:574-576.
- DARWIN, C. 1840. On the formation of mould. Trans. Geol. Soc. London, II Ser., 5 (III): 505-509.
- DARWIN, C. 1844. On the origin of mould. Gardeners Chronicle and Agricultural Gazette, 14: 218.
- DARWIN, C. 1881. The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. London, Murray, 298 pp.
- LAHILLE, F. 1922. Enumeración sistemática de los Anélidos Oligoquetos encontrados en la R. Argentina. Min. Agric y Gan de la Nac., Lab. Zoología. 31pp.
- JAMIESON, B.G.M. 1962. New species of Ocnerodrilinae (Oligochaeta). Proc. Zool. Soc. London, 139: 607 – 626.
- MICHAELSEN, W. 1900. Oligochaeta. Das Tierreich 10. Berlin. R. Friedlander & Sohn. 575pp.

MISCHIS, C. C. 1997. Acerca del género *Lumbricus*, Linnaeus, 1758 (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae) mencionadas por Weyenbergh para la Provincia de Córdoba (Argentina) *Natura Neotropicalis* 28 (1): 62 – 64.

MISCHIS, C.C. 2000. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la República Argentina. *Natura Neotropicalis* 31 (1 y 2): 17 – 27.

REYNOLDS J.W. & REYNOLDS I., 1972. Earthworms in Medicine. American Journal of Nursing Vol 72, N° 7: 1273.

ROSA, D. 1890. I Terricoli argentini. Raccolti dal Dott. Carlo Spegazzini. Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Genova (2), 9: 509 – 521.

ROSA, D. 1895. Contributo allo studio dei terricoli neotropicalis. Mem. Acc. R. Sci. Torino, 45 (2): 89- 152.

WEYENBERGH, H. 1879. Descripciones de nuevos gusanos. Bol. Acad. Nac. Ciencias. 3: 213 – 218.

WHITE, G. 1789. The Natural History of Selborne: 367.

La macrofauna y la conservación de los suelos en pastizales con diferente tipo de manejo en Cuba

Maria A. Martínez¹; Grisel Cabrera¹; Carlos Rodríguez²; Isabelle Barois²

Resumen

La búsqueda de alternativas para recuperar los suelos desgastados por el mal uso de las prácticas agrícolas o los cambios climáticos globales, es un objetivo generalizado en el planeta. Por otra parte en los últimos años se ha demostrado que la pérdida acelerada del contenido de materia orgánica y la degradación del suelo se debe en gran medida a la destrucción de la fauna que regula estos procesos (Lavelle y Barois, 1988, Lavelle, 1996). Debido a que en Cuba apenas se conoce la influencia de la macrofauna sobre el suelo ante la aplicación de diversos métodos agroecológicos como la conversión de un pastizal en agroecosistema, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la macrofauna, en pastizales donde se combina la ganadería y la agricultura para conocer el estado de conservación del suelo. Se evaluaron tres áreas con manejo agroecológico: un pastizal, un área con cobertura arbórea (Forraje) y un Policultivo en Cangrejeras, La Habana, Cuba. Se realizaron tres muestreos en época de lluvia y tres en época de seca desde mayo de 1996 a septiembre del 1999 y posteriormente de enero a agosto del 2002. Cada vez, se tomaron cuatro muestras de suelo de 25 cm X 25 cm y hasta 30 cm de profundidad, según la metodología del TSBF (Anderson e Ingram, 1993). Los invertebrados fueron extraídos manualmente. Las lombrices fueron preservadas en una solución

¹ Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA Carretera de Varona, km 3.5, AP 8029, Boyeros 10800, Habana, Cuba; e-mail: ecología.ies@ama.cu

² Univ. Habana, Calle 25 esq/l, Habana 10400, Cuba.

³ Instituto de Ecología AC; Antigua Carretera a Coatepec, km 2.5, Xalapa, México.

de formalina 4 % y alcohol 70 % y el resto de la fauna en alcohol 75 %. En el primer ciclo de muestreo, ocho grupos de la macrofauna fueron encontrados en el área de Forraje y seis en las dos restantes (Pastizal y Cultivo), mientras que en el segundo ciclo, aparecieron 10, 12 y 12 taxa en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo respectivamente. Dominan en el Pastizal Oligochaeta y Formicidae; en el Forraje Isopoda, Gastropoda y Diplopoda y en el Cultivo Formicidae, Diplopoda y Gastropoda. Las pruebas de Kruskal-Wallis y el SNK mostraron que la distribución y abundancia de la mayoría de los grupos de la macrofauna, responden en primera instancia a la época del año (específicamente la época de lluvias) más que al tipo de manejo en cada parcela, aunque en la época de lluvia la densidad de la macrofauna en el Cultivo fue 3,8 veces superior al Pastizal y al Forraje, mientras que en época de seca esta misma variable fue superior 5 y 2 veces en el Forraje con respecto al Pastizal y al Cultivo. En esta última, la aplicación de abonos orgánicos (compost, humus de lombriz y residuos de cosecha), así como la inclusión de plantas de ciclo largo como plátano y yuca, que aportan más hojarasca al suelo, influyeron positivamente en el aumento de estas poblaciones. De acuerdo a la composición estructural y funcional de la macrofauna en estas áreas, se puede considerar que los métodos agroecológicos empleados favorecen el establecimiento de estas comunidades.

Introducción

En los últimos años se ha demostrado que la pérdida acelerada del contenido de materia orgánica y la degradación del suelo se debe en gran medida a la destrucción de los invertebrados edáficos que son importantes agentes reguladores de los procesos físicos - químicos y biológicos del suelo (Lavelle y Barois, 1988, Lavelle, 1996).

Por otra parte, la denominada agricultura ecológica excluye en lo posible los insumos externos, minimiza el empleo de productos sintéticos y la roturación excesiva del terreno, sustituyendo estos métodos por el uso del policultivo, las rotaciones de cultivos, el abonado verde, el empleo de plantas de cobertura y la adición al suelo de residuos vegetales y

estiércoles, entre otras. Dichas técnicas estimulan los procesos biológicos del suelo (Funes et al., 2001) e influyen notablemente en el desarrollo de comunidades altamente diversificadas de organismos edáficos (Crossley et al., 1992; Lee, 1995; Altieri, 1997). En este sentido, la actividad de la biota edáfica, en particular de la macrofauna, es considerada como un bioindicador del estado de conservación y mantenimiento del suelo.

La mayoría de los estudios llevados a cabo en Cuba acerca de la macrofauna edáfica se han enfocado específicamente hacia las comunidades de lombrices de tierra en diferentes ecosistemas (González y López, 1987; Martínez y Rodríguez, 1991; Martínez y Sánchez, 2000; Rodríguez y Martínez, 2001) y sobre el efecto que las perturbaciones provocan en las mismas (Rodríguez, 2000; Martínez, 2002). Sin embargo, son pocos los estudios que abordan aspectos relacionados con sistemas sometidos a algún tipo de manipulación agroecológica o tipos de usos de tierras (Sánchez et al., 1997a, b; Rodríguez et al., 2002).

Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es caracterizar la macrofauna, en pastizales con diferente tipo de manejo donde se combina la actividad ganadera y la agricultura, así como valorar las características de estas comunidades edáficas en función de los métodos agroecológicos (rotación de cultivos, policultivo, siembra de *Leucaena leucocephala*, etc), para conocer el estado de conservación del suelo.

Materiales y metodos

Áreas de estudio

La investigación se llevó a cabo en una finca donde se integra la actividad ganadera (75 %) y agrícola (25 %), en Cangrejeras, La Habana, situada a los 82° 31' LN y 23° 02' LW.

El suelo es Ferralsol según la clasificación de la FAO-UNESCO (Hernández et al., 1997), cuyas características físico - químicas se muestran en el

Anexo 1. El clima, al igual que el resto del país, es subtropical húmedo con una época de lluvia que se extiende de mayo a octubre y un período seco de noviembre a abril.

La finca está dividida en áreas con diferentes tipos de manejos agroecológicos, los cuales se vienen aplicando en los últimos ocho años. Todas las áreas se originaron de un pastizal con más de quince años de explotación ganadera. De éstas, se seleccionaron tres parcelas: una parcela de pastizal (del ecosistema original), una parcela con cobertura de una leguminosa arbórea y otra de policultivo.

El **pastizal** tiene una extensión de 1194.4 m² y está compuesto básicamente por *Urochloa maxima* (Jacq.) R. D. Webster, aunque también están presentes *Cynodon nlemfluensis* Vander. y *Teramnus uncinatus* (L.) Sw. El régimen de pastoreo varía según la estación, con una res en época de seca y dos en lluvias. Esta área no es sometida a ningún tipo de entrada adicional orgánica a no ser la hojarasca propia de los pastos y el aporte directo de estiércol vacuno.

El área de **forraje** es una parcela con cobertura arbórea y presenta una extensión de 581.4 m² cubierta por la leguminosa *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, plantada en hileras. Algunas de ellas se han dejado crecer (como árboles) para la práctica del silvopastoreo y el resto están sometidas a régimen de corte para suministrarlas como forraje al ganado. Entre las plantas de *L. leucocephala* se asocian algunos pastos como *U. maxima* y *T. uncinatus*, crecidos de manera espontánea en esta área. A su inicio el sistema fue tratado orgánicamente con humus de lombriz y compost compuesto por estiércol animal y residuos de cosechas. El régimen de pastoreo es igual al pastizal.

El **policultivo** ocupa un área de 837.4 m² y en ésta se combina en una relación 30:70 cultivos de ciclo corto como *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol), *Lycopersicum esculentum* Mill. (Tomate), *Talinum paniculatum* L. (Espinaca), *Ananas comosus* (L.) Merrill (Piña), *Cucurbita pepo* L. var. melopepo (Calabaza), *Carica papaya* L. (Fruta bomba) y *Manihot esculenta* Crantz. (Yuca) con cultivos de ciclo largo como *Musa x paradisiaca* L. (Plátano), *Citrus limon* (L.) Burm. F (Limón), *Citrus paradisi*

Macf. (Toronja), *Citrus aurantium* L. (Naranja agria) y *Annona reticulata* L. (Chirimoya). Los cultivos de ciclo corto han estado sometidos a un sistema de rotación donde se ha asociado la siembra de Tomate-Frijol, Fruta bomba-Yuca, Frijol-Yuca, Espinaca-Tomate, Calabaza-Frijol y Piña-Espinaca. El tratamiento orgánico fue igual al del área de forraje y se ha continuado en cada ciclo de rotación, a razón de 4 t ha⁻¹.

Muestreo de la macrofauna edáfica

El trabajo comprendió dos etapas: un primer ciclo, en que se efectuaron seis muestreos desde mayo de 1996 hasta septiembre de 1999, para un total de tres muestreos en época de lluvia y tres en época de seca. En el segundo ciclo se realizaron seis muestreos (tres en época de seca y tres en lluvia) en febrero, marzo, abril, mayo, julio y agosto del 2002. Cada vez se tomaron cuatro muestras de suelo en cada área según la Metodología del TSBF (Anderson e Ingram, 1993). La macrofauna se colectó manualmente *in situ* y por estratos de suelo: 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Las lombrices se preservaron en una solución de formalina al 4 % y alcohol 70 % en una proporción 3:1. El resto de la fauna se conservó en alcohol 75 %.

En el segundo ciclo de muestreo la macrofauna se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible. La clasificación desde el punto de vista funcional (epígeos, anécicos y endógeos) se realizó de acuerdo a Lavelle et al. (1992) y Lavelle (1997).

Se calcularon los valores promedios de densidad (ind.m⁻²) y en el segundo ciclo de muestreo además se calculó la biomasa (gm⁻²) para las comunidades edáficas. La densidad fue determinada a partir del número de individuos y la biomasa sobre la base del peso húmedo en la solución preservante.

El porcentaje de Dominancia Combinada se calculo según Jesus *et al.*, (1981). Se trazaron las curvas de rango/ abundancia, en función del número de individuos y del peso, para determinar el modelo de abundancia que caracteriza a las comunidades edáficas en cada parcela o sistema de estudio (Magurran, 1983).

Procesamiento estadístico de los datos

Para conocer si existían diferencias en la densidad y la biomasa de las comunidades edáficas entre las áreas, así como para determinar sus variaciones estacionales y entre estratos, se emplearon ANOVA, pruebas de Duncan, pruebas de Kruskal-Wallis y Student-Newman-Keuls (SNK). Los mismos análisis se realizaron para corroborar los grupos más influyentes desde el punto de vista funcional en cada sitio de muestreo. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el programa STATCF versión 4, 1987-1988.

Resultados y discusión

Se encontraron 10 grupos de la macrofauna en el área de Pastizal y 12 en las dos restantes. En general se observó que la riqueza taxonómica se incrementa significativamente en el tiempo en las tres áreas ($F = 21.2$, $p < 0.05$, $gl = 2$), pues en el segundo ciclo de muestreo (2002) esta se incrementa 1,6 veces en el Pastizal, 1,5 en el Forraje y 2 veces en el Cultivo con respecto al primer ciclo (1996 –1999) (Figura 1). Las comunidades de macroinvertebrados edáficos, estuvieron constituidas por 3 phyla, 6 clases, 16 órdenes, 36 familias, 47 géneros y 21 especies determinadas.

Lavelle y Pashanasi (1989) encontraron una elevada riqueza taxonómica (41 taxones) para un bosque primario en la Amazonia Peruana, mientras en pastizales se observaron sólo 27 grupos taxonómicos y en sistemas agrícolas de 18 a 24, dominando las termitas. Brown et al., (2001) registraron un promedio de 17 grupos taxonómicos en cañaverales y cafetales, 16 en los bosques y 14 en sistemas con vegetación secundaria en México. En campos de maíz se obtuvieron cerca de 15 grupos con un predominio de termitas y hormigas y en monocultivos de cítricos sólo fueron encontrados ocho.

En los agroecosistemas tropicales, donde prevalecen técnicas agrícolas de bajos insumos (policultivo, abonado orgánico, siembra de cultivos perennes) generalmente existen poblaciones numerosas y diversas

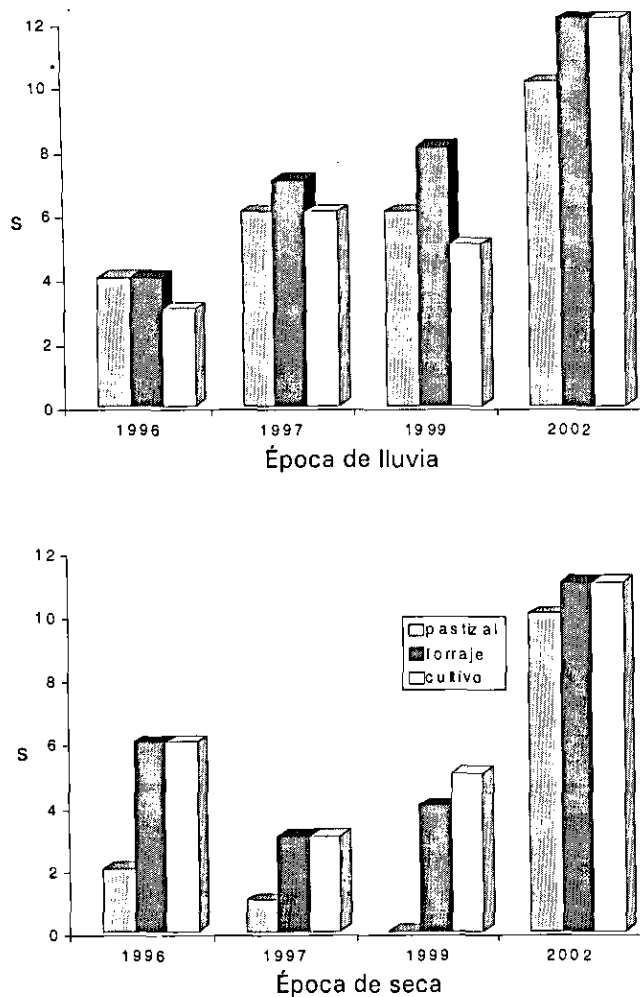


FIG. 1. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo desde 1996 hasta el 2002 en Cangrejeras, C. Habana, Cuba.

ya que se proveen nichos (microhábitats y alimento) que permiten la colonización de especies exóticas oportunistas de amplia distribución, con un variado rango de tolerancia a condiciones edáficas y climáticas, adaptables y resistentes a las perturbaciones inducidas (Lavelle et al., 1994). Tal es el caso de algunas especies de lombrices geófagas, como por ejemplo *Pontoscolex corethrurus* y *Polypheretima elongata* y de organismos invasores como termitas y hormigas; lo que sugiere la importancia de esta fauna exótica en el funcionamiento de los suelos agrícolas (Doubé y Schmidt, 1997).

En Cuba, González y Herrera (1983), López et al. (1986) y González y López (1987) registraron la presencia de formícidos, coleópteros, arácnidos, diplópodos y oligoquetos, en varios ecosistemas forestales. Más recientemente se han desarrollado otras investigaciones para conocer la diversidad de las comunidades de invertebrados del suelo en sistemas con diferente tipo de perturbación; así, Sánchez et al. (1997a) encontró que el manejo silvopastoril permitió potenciar y diversificar significativamente en sólo tres años la fauna edáfica. Martínez y Sánchez (2000) obtuvieron resultados similares al comparar un bosque siempre verde con un pastizal derivado de éste.

El análisis de la presencia-ausencia de los grupos en los ecosistemas (Tabla 1) mostró que en el Pastizal los grupos más frecuentes fueron Isopoda con 91 % de frecuencia de aparición, seguido de Coleoptera (87 %), Oligochaeta (83 %) y Formicidae (75 %). El resto de los grupos mostraron una frecuencia menor o igual al 50 %. En el Forraje, Oligochaeta, Diplopoda e Isopoda tuvieron el 100% de presencia durante el período de estudio, y también Gastropoda, Coleoptera y Formicidae exhibieron una alta frecuencia de aparición, del 96 %, 83 % y 79 %, respectivamente. En el Cultivo, los valores alcanzados de frecuencia fueron menores del 80 % para todos los grupos de la macrofauna y el de mayor presencia resultó ser Formicidae (79 %).

El porcentaje de dominancia numérica (Tabla 1) evidenció la superioridad de Formicidae tanto en el Pastizal como en el Cultivo; mientras en el Forraje Isopoda ocupó el primer lugar en importancia, seguido también de Formicidae.

TABLA 1. Porcentajes de dominancia en frecuencia de aparición (FA), abundancia (Ab), peso (P) y combinada (PDC) de los grupos de la macrofauna edáfica en las áreas de estudio en Can- grejeras, La Habana, Cuba.

Grupos	Pastizal				Forraje				Cultivo			
	FA	Ab	P	PDC	FA	Ab	P	PDC	FA	Ab	P	PDC
<i>Oligochaeta</i>	83	10.4	82	36.6	100	8.4	25	5.9	58	2.5	13.6	9.6
<i>Gastropoda</i>	37	4	5.7	5.8	96	6.6	28	16.2	54	8.2	27.7	15.9
<i>Diplopoda</i>	50	3.7	0.1	4.7	100	9.0	24	15.8	46	9.7	40.2	20
<i>Chilopoda</i>	4	0.1	0.1	0.4	24	0.3	1.1	1.6	12	0.2	0.1	1.0
<i>Isopoda</i>	91	11	0.9	10.3	100	38	6.8	19.7	50	9.2	6.3	8.8
<i>Araneae</i>	-	-	-	-	4	0.04	0.02	0.2	8.3	0.11	0.04	0.6
<i>Formicidae</i>	75	57	0.2	24.3	79	30	0.2	13.8	79	51	1.9	23.5
<i>Coleoptera</i>	87	9.3	8.7	12.1	83	4.8	3.9	6.8	54	2.6	5.6	6.7
<i>Isoptera</i>	16	2.3	0.1	1.9	16	0.6	0.04	0.9	29	14	0.9	7.1
<i>Blattaria</i>	-	-	-	-	58	2	8.8	6.3	46	1.2	3	4.8
<i>Orthoptera</i>	8.3	0.2	0.3	0.7	4	0.08	0.07	0.2	8.3	0.1	0.2	0.7
<i>Lepidoptera</i>	16	0.6	0.8	1.6	16	0.2	0.7	1.1	4	0.05	0.0005	0.3
<i>Hemiptera</i>	-	-	-	-	12.5	0.2	0.02	0.6	-	-	-	-
<i>Homoptera</i>	8.3	0.6	0.006	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-

Teniendo en cuenta el peso, Oligochaeta representó el 82% en el Pastizal, dominando ampliamente respecto al resto de la macrofauna. En el Forraje dominan con valores muy cercanos Gastropoda, Oligochaeta y Diplopoda; y en el Cultivo lo hacen prácticamente estos mismos grupos, en especial Diplopoda seguido de Gastropoda.

La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias altamente significativas entre los grupos más representativos para la densidad y para la biomasa. En el pastizal (densidad: $H = 23.96$ y biomasa: $H = 28.15$, $p < 0.001$, $gl = 6$) y en el Forraje (densidad: $H = 31.72$ y biomasa: $H = 34.34$, $p < 0.001$, $gl = 7$); mientras en el Cultivo no existieron diferencias significativas para la biomasa ($H = 5.07$, $p > 0.05$, $gl = 7$), aunque sí para la densidad ($H = 14.07$, $p < 0.05$, $gl = 7$). De acuerdo al SNK, en el Pastizal y en el Cultivo, Formicidae difiere del resto de la fauna en número y en el Forraje exhibe una abundancia similar a Isopoda y la vez ambos difieren del resto de los grupos. Respecto a la biomasa, Oligochaeta alcanzó el mayor valor en el Pastizal; y en el Forraje, Gastropoda, Oligochaeta y Diplopoda no difirieron entre sí.

Según el porcentaje de dominancia combinada (PDC) (Tabla 1), los grupos de mayor importancia en el Pastizal fueron Oligochaeta y Formicidae. Ambos grupos deben contribuir de forma significativa al mejoramiento de la estructura del suelo, pues en su papel como ingenieros del ecosistema, modifican notablemente el ambiente edáfico. En el caso del Forraje, fueron dominantes Isopoda, Gastropoda y Diplopoda, grupos dependientes de la hojarasca por constituir ésta su principal fuente de alimento, lo que sugiere su activa participación en la descomposición de la materia orgánica en el ecosistema. También en el Cultivo, Diplopoda y Gastropoda mostraron importantes valores de PDC; aunque fue Formicidae quién alcanzó el mayor valor de dominancia. Este último, contribuye además activamente en la distribución de la materia orgánica en el suelo.

Cabe destacar que grupos como Chilopoda, Isoptera, Orthoptera, Lepidoptera, Araneae, Hemiptera y Homoptera exhibieron muy bajas frecuencias de aparición y fueron los menos representativos en

abundancia y peso en todas las áreas de colecta; excepto Isoptera que en el Cultivo ocupó el segundo lugar en número.

Las curvas de rango / abundancia utilizadas para conocer la distribución de la diversidad de las comunidades de los macroinvertebrados edáficos en los tres ecosistemas estudiados, tendieron al modelo de Serie Logarítmica (Magurran, 1983). La abundancia y el peso de las comunidades se concentraron en pocos grupos faunísticos (Figuras 2 y 3). Según Magurran (1983) este patrón es típico de comunidades con baja equitatividad, donde los grupos con mayor número de individuos o peso ocupan una gran proporción del nicho (Southwood, 1978), lo que presupone una considerable utilización de los recursos disponibles por parte de los mismos.

El acercamiento al patrón de serie logarítmica (reflejo de comunidades poco diversas) indica que la macrofauna edáfica se encuentra expuesta a un nivel de estrés más o menos elevado, motivado por el grado de perturbación en las áreas; el cual responde al pastoreo, la falta de cobertura arbórea y sombra en el caso del Pastizal, el laboreo en el Cultivo, a pequeño tamaño de las áreas y a impacto antrópico indirecto provocado por la cercanía a las instalaciones y vías de acceso a la Institución donde se localizan los sistemas estudiados.

No obstante, las curvas de rango/abundancia correspondientes al Forraje y al Cultivo, reflejan comunidades ligeramente más diversas en comparación con el Pastizal (Figuras 2 y 3), ya que hay mayor número de grupos con similar abundancia (comunidades distribuidas más equitativamente), lo que sugiere que los recursos deben estar repartidos de forma más homogénea dentro de la comunidad (Magurran, 1983). En este sistema existen fuentes heterogéneas de recursos que ofrecen mayor cobertura al suelo, lo que favorecerá la colonización de invertebrados edáficos más resistentes a las perturbaciones. También en el forraje se establecen condiciones óptimas para el desarrollo de comunidades más diversas ya que la presencia de *L. leucocephala* como cultivo perenne propicia un mayor aporte de hojarasca y sombra que ayudan a mantener estables los valores de temperatura y humedad en el suelo.

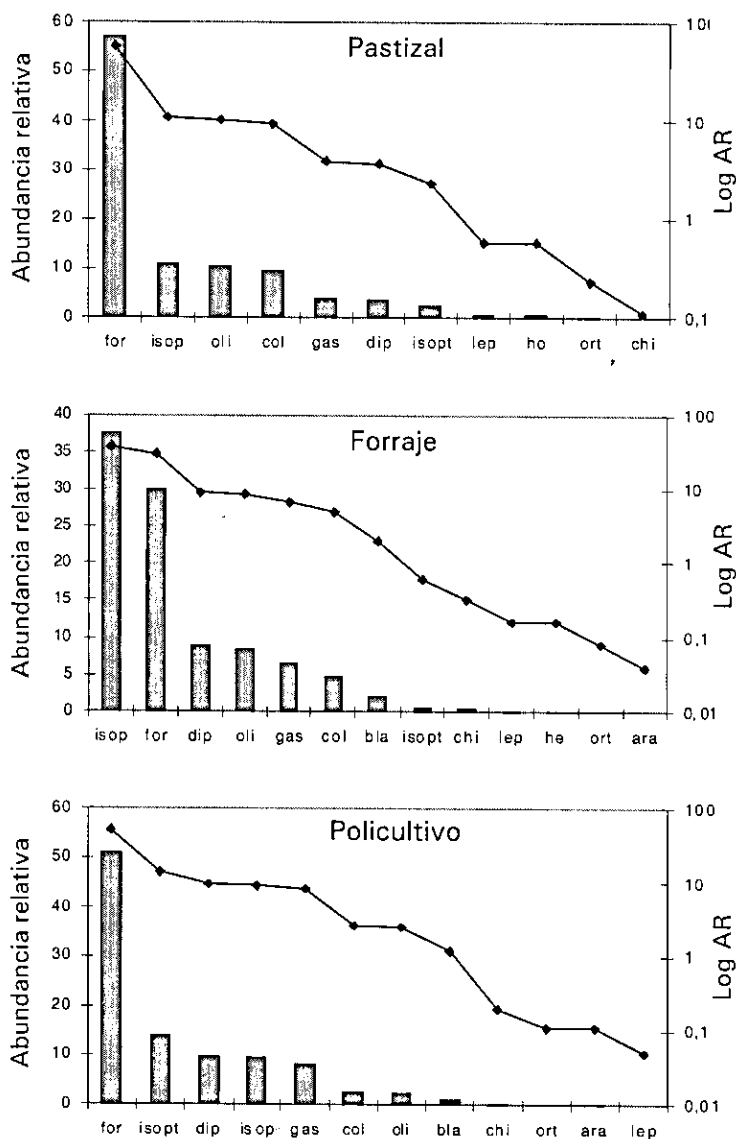


FIG. 2. Curvas de rango (lineas)/abundancia (barras) en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo en Cangrejas, La Habana, Cuba (oli = oligochaeta; iso = isopoda; gas = gastropoda; dip = diplopoda; chi = chilopoda; ara = araneae; for = formicidae; col = coleoptera; isopt = isoptera; bla = blattaria; lep = lepidoptera; ort = orthoptera; he = hemiptera; ho = homoptera).

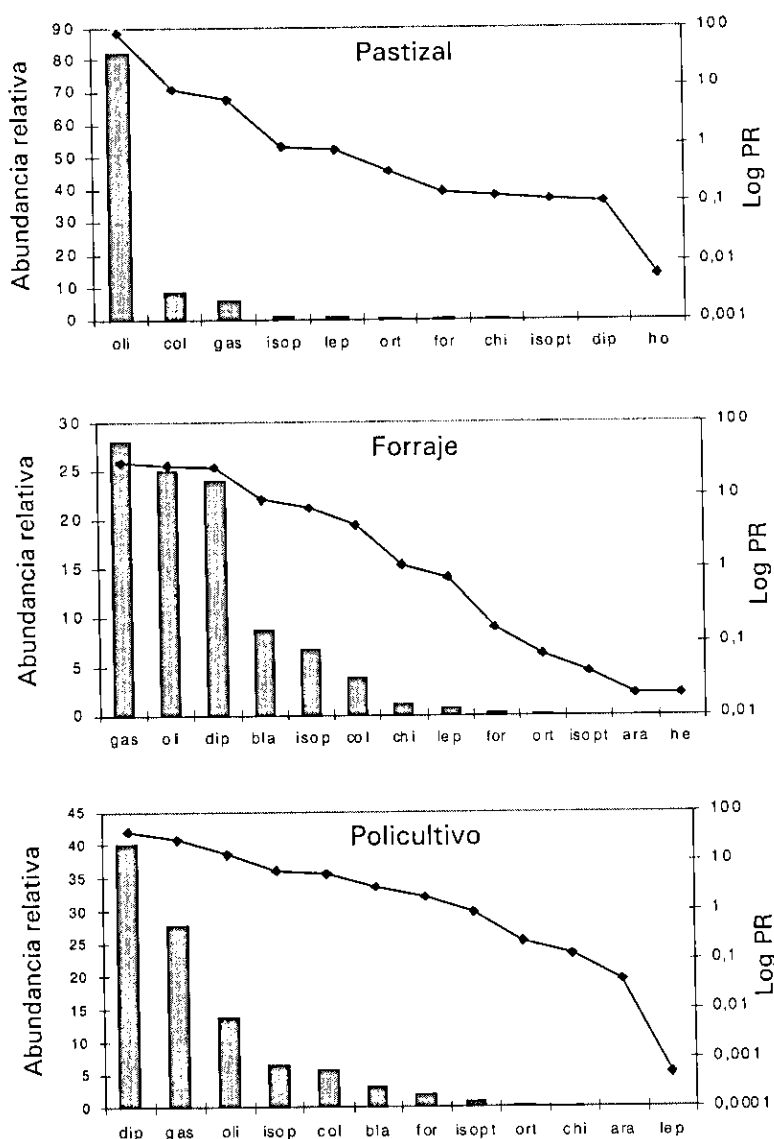


FIG. 3. Curvas de rango (lineas) / peso (barras) en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo en Cangrejeras, La Habana, Cuba (oli = oligochaeta; iso = isopoda; gas = gastropoda; dip = diplopoda; chi = chilopoda; ara = araneae; for = formicidae; col = coleoptera; isopt = isoptera; bla = blattaria; lep = lepidoptera; ort = orthoptera; he = hemiptera; ho = homoptera).

Estructura funcional

Las comunidades de los macroinvertebrados edáficos estuvieron constituidas por 48 % de organismos epígeos, 44 % de anécicos y 8 % de endógeos. Para cada área, la composición funcional de la macrofauna mostró variaciones. Según la prueba de Kruskal-Wallis existieron diferencias entre los grupos funcionales teniendo en cuenta la abundancia (Pastizal: $H = 6.97$ y Forraje: $H = 7.94$, $p < 0.05$, $gl = 2$; Cultivo: $H = 8.74$, $p < 0.01$, $gl = 2$) y la biomasa ($H = 12.03$; Forraje: $H = 13.63$ y Cultivo: $H = 8.38$, $p < 0.01$, $gl = 2$). Atendiendo al número de individuos, el SNK reflejó que los organismos anécicos predominaron en el Pastizal y en el Cultivo, mientras los epígeos lo hicieron en el Forraje (Figura 4). Sin embargo, para el peso fueron los endógeos los que dominaron de forma casi absoluta en el Pastizal, ya que alcanzaron el 91 % del peso total.

En el Forraje y en el Cultivo, los epígeos tuvieron mayor representatividad ya que aportaron el 73 % y 83 %, respectivamente, comportamiento que podría relacionarse con la formación en dichas áreas de una capa de hojarasca más gruesa y heterogénea que en el pastizal, la cual le sirve de alimento y refugio; además de evitar la incidencia directa de los rayos solares en el suelo, lo que permite una temperatura más baja y estable que garantiza la permanencia de la fauna epígea (Dutoit et al., 1997).

Los resultados coinciden con los obtenidos por Brussaard et al. (1993) en sistemas tropicales agroforestales y en agroecosistemas con adecuadas rotaciones de cultivos, en los cuales las comunidades del suelo estuvieron dominadas por la fauna epígea y anécica. También Lavelle et al. (1994) registraron numerosas poblaciones de artrópodos del mantillo representados fundamentalmente por isópodos y miriápodos en diferentes sitios de Sudáfrica y México con elevadas tasas de acumulación de hojarasca.

La macrofauna epígea (fundamentalmente detritívora) constituye el pasaje obligatorio de la materia orgánica en los ecosistemas (Vannier, 1985), por lo que su elevada proporción resulta un factor de gran importancia en la estabilidad y mejoramiento de la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos; pues al aumentar notablemente la

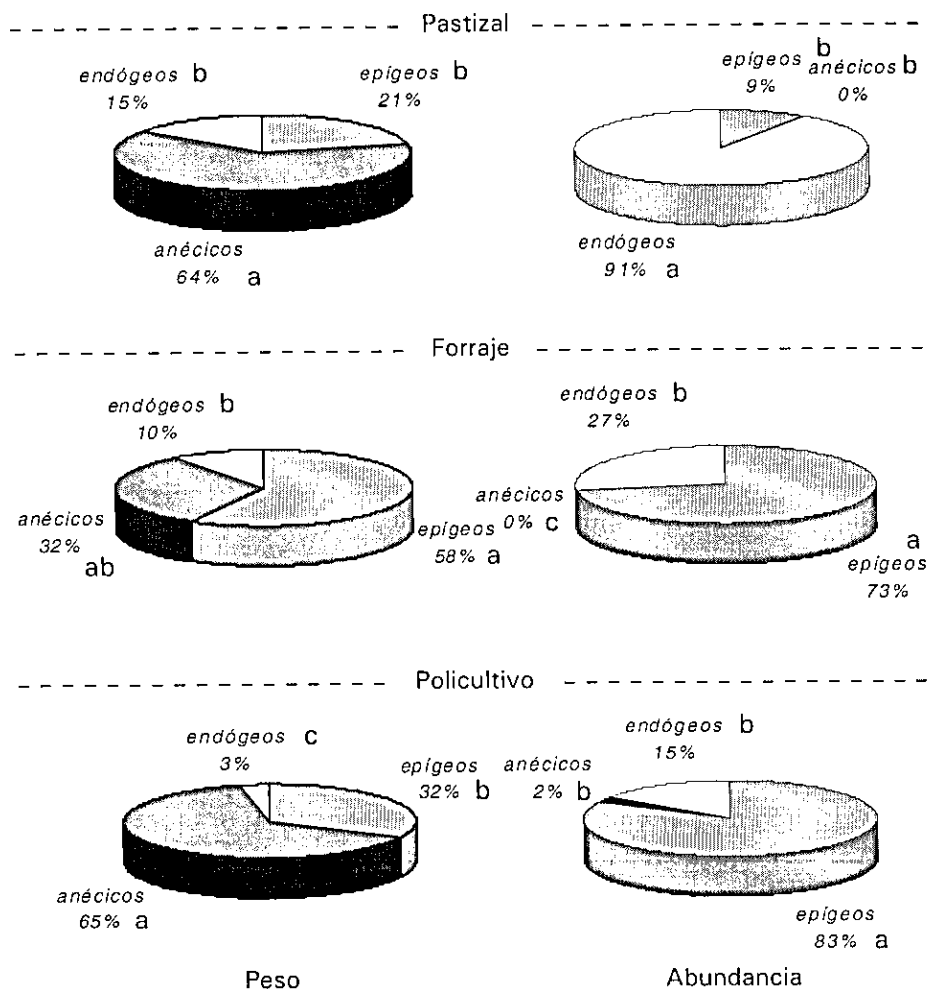


FIG. 4. Categorías ecológicas de la macrofauna en función de la abundancia y el peso en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo en Cangrejas, La Habana, Cuba. Medias con letras iguales no difieren para $p > 0.05$ según SNK.

velocidad de descomposición de los residuos vegetales y animales, facilitan la actividad de los microorganismos. Los organismos anécicos cambian la dinámica de la descomposición con la translocación de la hojarasca a estratos más profundos, influyendo en el ciclo del carbono y otros nutrientes (Lavelle et al., 1992).

Los organismos endógeos estuvieron representados esencialmente por las lombrices de tierra y la familia Nitidulidae de Coleoptera. El 100% de las especies de oligoquetos fueron endógeas; 34 % mesohúmicas, representadas por *Polypheretima elongata* y 66 % polihúmicas, constituidas por cuatro especies de *Dichogaster*. Cabe señalar que *Dichogaster* spp. (más dependientes de altos contenidos de materia orgánica) son más abundantes en las áreas de Forraje y Cultivo, donde la mayor entrada de hojarasca garantiza la incorporación de la materia orgánica al suelo, mientras que las mayores poblaciones de *P. elongata* aparecieron en el Pastizal.

De manera general, la estructura funcional y trófica de las comunidades en los sistemas estudiados reflejan estrategias diferentes en la regulación de los procesos edáficos. El predominio de una fauna epígea, fundamentalmente detritívora en el Forraje y en el Cultivo debe contribuir a evitar la acumulación de una mayor cantidad de materia orgánica que entra a estos sistemas, favoreciendo la velocidad de descomposición y el ciclo de los nutrientes. En el Pastizal, donde la cobertura vegetal es más pobre y por tanto el suelo está más expuesto a la incidencia del sol y las precipitaciones, los procesos de mineralización y lavado de nutrientes ocurren más intensamente. En este caso la mayor proporción de organismos endógeos, geófagos y anécicos compensan estos procesos mediante la inmovilización temporal de los nutrientes en la biomasa de las lombrices, los nidos de las termitas y las hormigas y en los macroagregados producidos por las lombrices endógeas mesohúmicas.

Variaciones temporales de la comunidad de la macrofauna

El balance de los 4 años de estudio, mostró que la densidad de la macrofauna varió significativamente entre las estaciones del año ($H =$

5.08, $p < 0.05$, $gl = 1$), pero no entre las áreas estudiadas ($H = 1.07$, $gl = 2$), lo que indica que la distribución y abundancia de la mayoría de estos invertebrados responden en primera instancia a la época del año (y en particular al periodo de lluvia) más que al tipo de manejo en cada parcela (Figura 5). Sin embargo, es interesante señalar que en la época

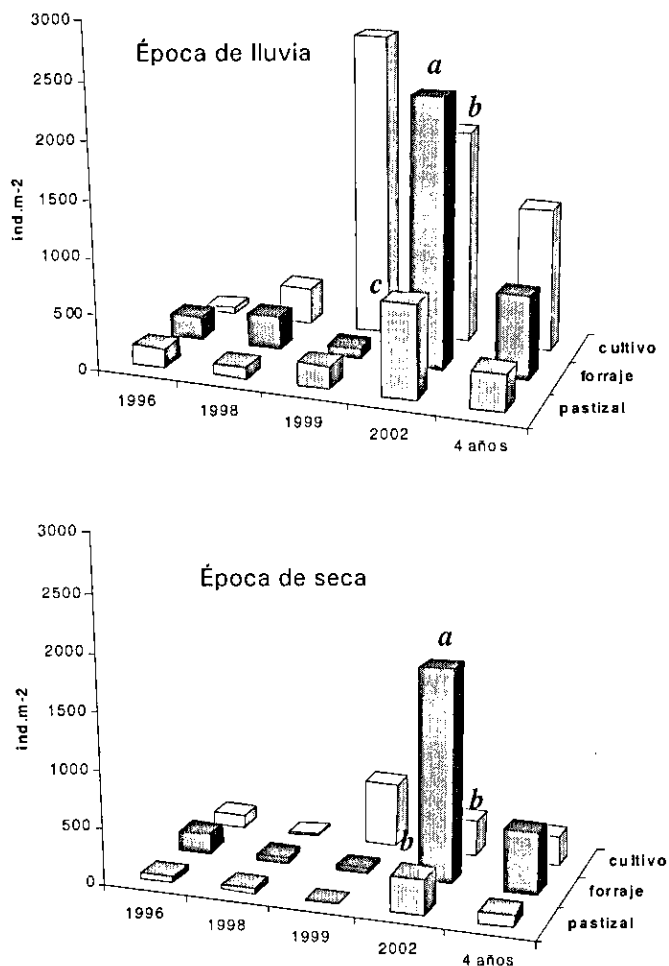


FIG. 5. Densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en relación con la época del año y el tipo de área en Cangrejeras, La Habana, Cuba.

de lluvia la densidad de la macrofauna en el Cultivo fue 3,8 veces superior al Pastizal y al Forraje, mientras que en época de seca esta misma variable en el Forraje fue superior 5 y 2 veces con respecto al Pastizal y al Cultivo. Esto puede atribuirse a que en las áreas de Forraje y Cultivo se hallan plantas que ofrecen mayor cobertura al suelo, lo que condiciona una menor incidencia de los rayos solares, una disminución de la temperatura del suelo y un aumento de la humedad del mismo, elementos favorables para el establecimiento de la biota edáfica y en particular de la macrofauna (Lavelle, 1996).

El incremento de la densidad de la macrofauna en el Cultivo, estuvo favorecido por la inclusión de plantas de ciclo largo que aportan más hojarasca al suelo. Por otra parte los cultivos modifican el ambiente producto de su selectividad en la absorción de nutrientes, por sus excreciones radiculares y la fauna asociada a las raíces, lográndose con la rotación de éstos una diversificación de la edafofauna (Fraser, 1994). Buckerfield (1996) obtuvo un incremento en la densidad de lombrices al realizar una adecuada rotación de cultivos combinada con especies de pastos mientras que Marinissen y De Ruiter (1994) encontraron que la contribución de la fauna en el proceso de mineralización fue de un 40 % en sistemas donde se practica la agricultura orgánica.

En cuanto al área de Forraje, este comportamiento pudo obedecer a la presencia de la leguminosa arbórea *L. leucocephala* y a la calidad de la hojarasca producida por ésta, que presenta una relación C/N más baja que otras plantas como las gramíneas (Tian et al., 1997; Rodríguez et al., 2002). Los árboles dentro de los sistemas además de mejorar la estructura de los suelos, incorporan grandes cantidades de materia orgánica creando un microclima favorable para el desarrollo de la edafofauna. Así, Sánchez et al. (1997a) concluyeron que el empleo de sistemas silvopastoriles permite potenciar y diversificar la fauna edáfica ya que en sólo tres años obtuvieron un aumento significativo con la siembra de árboles en el sistema.

Al analizar el segundo ciclo de muestreo (2002), los valores promedios de densidad y biomasa de las comunidades de macroinvertebrados

oscilaron entre 1668 ind m⁻² y 51.6 g m⁻² en el Forraje hasta 568 ind.m⁻² y 28.5 gm⁻² en el Pastizal, respectivamente. Según la prueba de Kruskal - Wallis, las comunidades mostraron diferencias altamente significativas entre las áreas estudiadas para la densidad ($H = 14,73$, $p < 0.001$, $g\text{I} = 2$), pero no para la biomasa ($H = 5.69$, $p > 0.05$, $g\text{I} = 2$). El SNK evidenció que la macrofauna fue más abundante en el Forraje, seguido del Cultivo y del Pastizal, aunque estas últimas áreas no difirieron entre sí en la época de seca (Figura 5). A pesar de que estadísticamente los sistemas no tuvieron diferencias en cuanto a la biomasa, dicho parámetro exhibió una tendencia similar pues disminuyó en el orden Forraje - Cultivo - Pastizal.

Lavelle (1988), Lavelle et al. (1995) y Curry (1998) señalaron que el contenido de materia orgánica, el estatus nutricional, el pH y la textura del suelo pueden determinar la composición, abundancia y biomasa de las comunidades edáficas. Lavelle (1983) indicó que las variaciones locales de la materia orgánica, así como la textura del suelo (que determina la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua) influyen en la distribución de los animales edáficos. Hendrix et al. (1992) obtuvieron una correlación positiva entre el número de lombrices y el contenido de materia orgánica en diversos ecosistemas; mientras Lavelle et al. (1995) destacaron que el pH fue el factor determinante en las características de las comunidades de invertebrados y señalaron la dominancia de los artrópodos epígeos en suelos ácidos y de las lombrices de tierra fundamentalmente en suelos con pH neutro. Por otra parte, Decaens et al. (1998) relacionaron altas biomásas de la macrofauna (70.2-140.3 gm⁻²) con la presencia no sólo de pH neutro, sino también con el alto contenido de calcio y de materia orgánica en el suelo en varios ecosistemas de bosques y pastizales.

Sin embargo, las variables físico-químicas del suelo en los tres ecosistemas de estudio son prácticamente semejantes (Anexo 1), por lo que no es posible establecer alguna relación entre éstas y las variaciones de la densidad y la biomasa de la macrofauna. Dicho resultado puede estar asociado a la presencia del mismo tipo de suelo en las

ANEXO 1. Características químicas y físicas del suelo en el Pastizal, el Forraje y el Cultivo en Cangrejeras, La Habana. Datos de 0-30 cm de profundidad realizados por el Instituto de Investigaciones de Suelo, Cuba.

Áreas	M.O. %	N %	pH (H ₂ O)	Ca ⁺⁺ Cmol kg ⁻¹	Mg ⁺⁺ Cmol kg ⁻¹	K ⁺ Cmol kg ⁻¹	Na ⁺ Cmol kg ⁻¹	Arena %	Limo %	Arcilla %	Densidad real g/cm ³
Pastizal	2.90	0.14	6.22	14.90	3.58	0.47	0.18	8.84	13.24	77.91	2.83
Forraje	3.00	0.16	6.11	16.02	4.00	0.51	0.20	7.50	13.23	79.26	2.83
Cultivo	2.84	0.12	6.34	19.04	3.96	0.43	0.18	10.58	15.8	73.61	2.82

áreas de estudio y a que el análisis físico y químico de éste incluye hasta los 30 cm de profundidad y no sólo los primeros 10 cm, donde se pueden encontrar diferencias más marcadas respecto al contenido de materia orgánica y de nutrientes del suelo.

El pastizal mostró valores inferiores en abundancia y peso con respecto a otros pastizales sometidos a pastoreo en Perú, en los que se refieren biomásas entre 82.3 y 159.2 gm^{-2} y densidades entre 922 y 2347 ind.m^{-2} (Lavelle y Pashanasi, 1989). También en pastizales en México se han observado biomásas superiores a los 30 gm^{-2} y densidades que han alcanzado casi los 1000 ind.m^{-2} (Brown et al., 2001). Aunque se plantea que el aporte directo de estiércol por el ganado puede estimular la actividad de la biota (Sánchez et al., 1997b), el pisoteo continuo de los animales pudo haber afectado la densidad y la biomasa de la macrofauna, ya que el pastizal estudiado tiene más de 15 años de explotación ganadera. Por otra parte, este sistema presenta menor cobertura vegetal y además no ha sido tratado con ningún tipo de enmienda adicional orgánica como el Forraje y el Cultivo, lo que sin dudas debe haber influido en los valores alcanzados.

El policultivo, la rotación de cultivos, la aplicación de abonos orgánicos y la siembra de *L. Leucophala*, constituyen prácticas agroecológicas que favorecen el establecimiento de las comunidades del suelo, contribuyendo así a su conservación. Por todo lo discutido anteriormente, es conveniente, en pastizales donde se combine la actividad ganadera con la agrícola, combinar especies forrajeras y otros cultivos con el pasto, siempre que se tenga en cuenta la utilización de plantas que aporten una cantidad considerable de materia orgánica al suelo y se empleen abonos orgánicos como compost, humus de lombriz o residuos de cosecha, para incrementar la fauna edáfica con vistas al mejoramiento de la fertilidad de los suelos.

Referencias

ALTIERI, M., 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES, 249 pp.

- ANDERSON, J.M. E INGRAMM J.S.I., 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. CAB International, UK, 221 pp.
- BROWN, G., FRAGOSO, C., BAROIS, I., ROJAS, P., PATRÓN, J.C., et al., 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zool. Mex.*, nº especial, 1: 79-110.
- BRUSSAARD, L., HAUSER, S. Y TIAN, G., 1993. Soil faunal activity in relation to the sustainability of agricultural systems in the humid tropics. In: K. Mulongoy y R. Merckx (Editors), *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*, pp. 234-250.
- BUCKERFIELD, J.C., 1996. Earthworms as indicators of sustainable production. *Ecological Economics*, 7: 333-339.
- CROSSLEY, D. A., MUELLER, B.R. Y PERDUE, J.C., 1992. Biodiversity of arthropods in agricultural soils: relation to processes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 40: 37-46.
- CURRY, J.P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. In: C.A. Edwards (Editor), *Earthworms Ecology*. St Lucie Press, London, pp. 37-64.
- DECAENS, T., DUTOIT, T., ALARD, D. Y LAVELLE, P., 1998. Factors influencing soil macrofaunal communities in post-pastoral succession of Western France. *Applied Soil Ecology*, 287: 1-7.
- DUTOIT, T., DECAENS, T. Y ALARD, D., 1997. Successional changes and diversity of soil macrofaunal communities on chalk grasslands in upper Normandy (France). *Acta Oecologica*, 18 (2): 135-249.
- DOUBE, B. M., Y SCHMIDT, O., 1997. Can the Abundance or Activity of Soil Macrofauna be used to indicate the Biological Health of Soils?. In: C.E Pankhurst, B. M Doube y V.V.S R Gupta (Editors), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, pp. 265-295.
- EDWARDS, C.A, BOHLEN, P.J. LINDEN, D.R. Y SUBLER, S., 1995. *Earthworms in Agroecosystems*. CRC Press Inc., 213 pp.

FRASER, B., 1994. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: C.E Pankhurst, B.M Doube (Editors). Soil Biota. Management in Sustainable Farming Systems. Australia, pp. 125-132.

FUNES, F., GARCIA, L., BOURQUE, M., PÉREZ, N. Y ROSSET, P., 2001. Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible, ACTAF, CEAS, La Habana, Cuba, 286 pp.

GONZÁLEZ, R., Y HERRERA, A., 1983. La macrofauna del suelo del bosque siempreverde estacional de la Sierra del Rosario. (Resultados preliminares). Reporte de Investigación, Instituto de Zoología, 10: 1-13.

GONZÁLEZ, R., Y LÓPEZ, R., 1987. La macrofauna de la hojarasca y del suelo de algunos ecosistemas forestales de Cuba. Reporte de Investigación, Instituto de Zoología, 46: 1-9.

HENDRIX, P. J., MUELLER, B.R., BRUCE, R.R., LANGDALE, G.W. Y PARMELEE, R.W., 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. Soil Biol. Biochem., 24 (12): 1357-1361.

HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J.M., MARSÁN, R., MORALES, M. Y LÓPEZ, R., 1997. "Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, con Clasificaciones Internacionales (SOIL TAXONOMY y FAO-UNESCO) y Clasificaciones Nacionales (2da. Clasificación Genética y Clasificación de Series de Suelos)", Inst. Suelos, MINAGRI, La Habana, 27 pp.

IZQUIERDO, I., 1999. "Influencia de la aplicación de métodos agroecológicos sobre algunas características del suelo." Tesis de Maestría, Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba, 56 pp.

JESÚS, J.B., MORENO, A.G. Y DÍAZ COSÍN, D.J., 1981. Lombrices de tierra de la Vega de Aranjuez (España). I Asociaciones. Rev. Ecol. Biol.Sol, 18 (4): 507-519.

LAVELLE, P., 1983. The Soil Fauna of Tropical Savannas II. The earthworms. In: F. Bourlière (Editor), Tropical Savannas. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp. 485-504.

_____, 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 237-251.

_____, 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biol. Int.*, 33 :3-16.

_____, 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 24: 93-132.

LAVELLE, P. Y BAROIS, I., 1988. Potential use of earthworms in tropical soils. In: Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, La Haya, pp. 273-279.

LAVELLE, P. Y PASHANASI, B., 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiología*, 3: 283-291.

Lavelle, P., Chauvel, A. y Fragoso, C., 1995. Faunal activity in acid soils. In: R. A. Date (Editor), *Plant Soil Interactions at Low pH*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, pp. 201-211.

LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A.V. Y MARTIN, S., 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the Humid Tropics. In: *Myths and Science of Soils of the Tropics*, Soil Science Society, Special Publication 29: 157-185.

LAVELLE, P., DANGERFIELD, M., FRAGOSO, C., ESCHEBRENNER, V., LÓPEZ- HERNÁNDEZ, D., et al., 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: P.L.Woomer and M. J. Swift (Editors), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. New York, pp. 137-170.

LEE, K.E., 1995. Earthworms and Sustainable Land Use. CRC Press Inc., pp. 215-234.

Magurran, A., 1983. La diversidad ecológica y su medición. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 200 pp.

LÓPEZ, R., R. GÓNZALEZ, Y A. HERRERA (1986): La macrofauna del suelo en *Pinus tropicalis* Morelet. Reporte de Investigación, Instituto de Zoología, 28: 1-12.

MARINISSEN, J.C.Y. Y DE RUITER, P.C., 1994. Contribution of earthworms to carbon and nitrogen cycling in agro-ecosystems. Agr. Ecosyst. and Env. 32:325-330.

MARTÍNEZ, MARÍA A., 2002. "Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba.". Tesis de Doctorado, Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, C. Habana, Cuba., 93 pp.

MARTÍNEZ, MARÍA A. Y RODRÍGUEZ, C., 1991. Evaluación ecológica preliminar de las poblaciones de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en dos ecosistemas de Sierra del Rosario, Cuba. Rev. Biología., 5 (1): 9-17.

MARTÍNEZ, MARÍA A., Y SÁNCHEZ, J.A., 2000. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en un bosque siempre verde y un pastizal de Sierra del Rosario, Cuba. Caribbean Journal of Ecology, 36 (1-2): 1-10.

RODRÍGUEZ, C., 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. Rev. Biología., 14 (2): 147-155.

RODRÍGUEZ, C., Y MARTÍNEZ, MARÍA A., 2001. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) del desagüe de una vaquería en áreas de pastizales en Cuba. Rev. Biología., 15 (1): 37-44.

RODRÍGUEZ, I., CRESPO, C., RODRÍGUEZ, C., CASTILLO, E. Y FRAGA, S., 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con *Leucaena* para la ceiba de toros. Rev. Cub. Cienc. Agríc., 36 (2): 181

SÁNCHEZ, S., HERNÁNDEZ, M., Y SIMÓN, L., 1997a. Diversidad de los organismos del suelo bajo un sistema silvopastoril. *Pastos y Forrajes*, 20 (4): 20 .

SÁNCHEZ, S., MILERA, M., SUÁREZ, J. Y ALONSO, O., 1997b. Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. *Pastos y Forrajes*, 20 (2): 143-148.

SOUTHWOOD, T. R. E., 1978. *Ecological methods*, Chapman & Hall, London.

TIAN, G., KANG, B.T. Y BRUSSAARD, L., 1997. Effect of mulch quality on earthworm activity and nutrient supply in the humid tropics. *Soil Biol. Biochem.*, 29 (3-4): 369-373.

VANNIER, G., 1985. Modes d'exploitation et de partage des ressources alimentaires dans le système saprophages pour les microarthropodes du sol. *Bull. Ecol.*, 16 (1): 19-34.

Evaluación del impacto de la labranza en suelos vertisoles sobre los macroinvertebrados de un área de Colombia

Elida P. Marín B¹; Alexander Feijoo M²

Resumen

Se muestreo la abundancia, biomasa y diversidad de macroinvertebrados del suelo, utilizando la metodología propuesta por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical, BFST. La metodología consistió en realizar un transecto en el cual se revisaron 12 monolitos de 25 x 25 cm x 30 cm de profundidad, en un suelo Vertisol con cuatro sistemas de labranza (convencional, con mulch tiller, cincel vibratorio, siembra directa) y una plantación de cacao. Las evaluaciones en los sistemas con labranza se realizaron en un cultivo con rotación de algodón, soya y maíz con aplicaciones de insumos químicos; la plantación de cacao no tuvo aplicación de agroquímicos y presentó labranza durante más de 25 años.

Un análisis de componentes principales (ACP) mostró que los tres primeros componentes explicaron el 90% de la varianza total de la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados. El primer factor se identificó como sistemas alterados por la labranza y estos explicaron el 38% de la variabilidad, mientras que el segundo dependió de la intensidad/frecuencia de las labores (29.2), y el tercero, aquellos sistemas donde la labranza fue reducida o nula (22.7). La plantación de cacao mostró la diversidad más alta (47 Unidades taxonómicas), mientras que en el tratamiento con mulch-tiller se encontró alta densidad

¹ Universidad Nacional de Colombia, Palmira, A.A. 237.

² Universidad Tecnológica de Pereira; A.A. 097; e-mail: afeijoo@ambiental.utp.edu.co

(1952 ind. m⁻²) y en el de siembra directa tuvo alta biomasa (87 g.p.f. m⁻²). Las hormigas, diplópodos y lombrices presentaron densidades altas (656 ± 448 ; 240 ± 128 y 128 ± 80 ind. m⁻², respectivamente) mientras que en biomasa las contribuciones más altas fueron las de lombrices y Coleoptera (larvas + adultos), con 36.8 ± 27.2 y 4.3 ± 5.1 g m⁻² respectivamente.

Estos resultados proveen información valiosa relacionada con evidencias de la sensibilidad de los macroinvertebrados del suelo a diferentes prácticas culturales asociados con la labranza en ambientes neotropicales. Esta puede ser importante por que aporta elementos de uso potencial con carácter descriptivo para instrumentar propuestas relacionadas con el diseño de itinerarios técnicos en sistemas de cultivo.

Palabras claves: Uso de la tierra, Vertisol, macroinvertebrados, sistemas de labranza, biodiversidad.

Abstract

Using the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) sample methodology (transect with 12 monoliths, 25x25cm, 30 cm deep), the biodiversity, density and biomass of soil and litter macrofauna were evaluated in a Vertisol under four tillage systems (conventional-till, mulch-tilled, chisel plow and direct seeding) under cotton and soybean rotation and in a cocoa plantation undisturbed for more than 20 years. Soil under the cocoa showed the highest values of biodiversity (47 taxonomic units), while the mulch-tilled treatment showed the highest density (1952 individuals m⁻²) and the direct-seeding had the highest biomass values (87 g m⁻²). Ants, myriapods and earthworms exhibited highest relative population densities (656 ± 448 ; 240 ± 128 and 128 ± 80 indiv. m⁻², respectively) while the greatest contributions to biomass were of earthworms and beetles (larvae + adults), with 36.8 ± 27.2 and 4.3 ± 5.1 g m⁻² each, respectively.

A Principal Component Analysis (PCA) using the soil fauna showed that three principle factors explained 90% of the total variance in the

macrofauna communities in these systems: soil disturbance (38%), soil labor intensity/frequency (29.2) and reduced tillage (22.7). Soil under cocoa plantation and direct seeding had the highest proportion of macrofauna in the top 5 cm (58.2 and 51.1 % respectively) while in the treatments with soil disturbance, i.e. mulch-tilled, conventional (disk)-till and chisel-plow, the macrofauna were concentrated mostly between 5 to 20 cm depth (55.8, 53.7 and 46.2 % in this layer, respectively). This study provides further evidence of the sensitivity of the soil macrofauna to different tillage systems under tropical conditions, and their potential use as indicators of soil conditions under different management methods.

Introducción

En Colombia, los problemas de degradación del suelo se han incrementado por el uso inoportuno e inapropiado de los implementos de preparación de suelos, los cuales constituyen la principal arma de degradación del suelo, causando una disminución progresiva de la capacidad productiva del mismo. Según Lal (1988) la productividad del suelo disminuye por el deterioro en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Algunos de los cambios en las propiedades físicas implican daño en su estructura, disminución del tamaño y porcentaje de agregados estables al agua, disminución de la porosidad y compactación de las capas superficiales y del subsuelo.

Aún persisten interrogantes acerca de cómo responden los organismos del suelo a los cambios provocados por las prácticas agrícolas (en especial las prácticas de labranza) y de cómo ocurre la recuperación al estrés provocado por las mismas. En consecuencia se han propuesto otras formas de roturar el suelo que contribuyen al mantenimiento y colonización de las especies en los agroecosistemas. Brussard et al. (1997), plantean que la labranza reducida permite al suelo regenerarse y mantener la estructura, suministrar a las plantas las cantidades suficientes de alimento en el tiempo y ayudar a prevenir o suprimir plagas y enfermedades.

Con el propósito de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y su capacidad para funcionar como un sistema, se han venido replanteando los sistemas convencionales de labranza y manejo del suelo, presentándose nuevas propuestas que favorecen su conservación. Tales sistemas incluyen los sistemas de labranza de conservación, los cuales permiten al suelo restablecerse y mantener una buena estructura, dando lugar a la generación de complejas interacciones bióticas debido a los cambios físicos y químicos ocurridos. La meta propuesta por varios investigadores es desarrollar sistemas que balanceen las necesidades y prioridades para la producción de alimentos, al tiempo que se mantiene un ambiente seguro y se obtienen indicadores de degradación y recuperación de ambientes perturbados.

Numerosos estudios han demostrado la importancia de los macroinvertebrados en los procesos del suelo, así, como el impacto que ocasionan las practicas de manejo agrícola tales como la labranza y el uso de insumos químicos, así como la variación en la arquitectura de la vegetación y en las dinámicas microclimáticas en el sistema sobre su diversidad, abundancia y biomasa,. (House y Parmelee, 1985; Filser et al., 1995; Pankurst et al., 1995; Blair et al., 1996; Decaens et al., 1998; Paoletti et al., 1998; Feijoo et al., 1999).

Los macroinvertebrados del suelo no son considerados en el momento de seleccionar y establecer las diferentes prácticas agrícolas, a pesar de que ya se sabe que la labranza y el uso de insumos de origen químico y la falta de protección con coberturas sobre la superficie del suelo y el dosel los afecta considerablemente. Por esta razón, en el presente estudio se determinará el impacto que ocasionan algunos sistemas de labranza en diferentes usos del suelo sobre las comunidades de macroinvertebrados del suelo, con el objeto de tener información para generar estrategias futuras de manejo en los sistemas de cultivo.

Materiales y métodos

Area de estudio

El trabajo se realizó en 1999 en el Centro de Investigaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "CORPOICA", municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia; el cual, se localiza a 76° 19' de longitud Oeste y 3° 31' latitud Norte y 1008 msnm., y en donde la precipitación anual es de 1014 mm, la temperatura promedio de 24 °C, la humedad relativa de 75% y el brillo solar de 5.8 horas/día.

Para realizar los muestreos se seleccionaron cuatro usos del suelo con labranza y aplicaciones de insumos químicos (convencional, labranza con mulch tiller, cincel vibratorio y siembra directa) y uno sin labranza y sin aplicación de agroquímicos (plantación de cacao, *Theobroma cacao*). Los usos con labranza provienen de una rotación de cuatro años de cultivos de algodón - soya y de un año más de algodón-maíz. En los usos con labranza se encontraron arvenses como: *Ageratum conyzoides*, *Amaranthus dubius*, *Anoda acerifolia*, *Bidens pilosa*, *Cenchrus echinatus*, *Commelina difusa*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Chloris polydactyla*, *Desmodium* sp., *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colonum*, *Emilia sonchifolia*, *Euforbia graminis*, *Euforbia hirta*, *Gossypium hirsutum*, *Ipomoea hederifolia*, *Ixophorus unisetus*, *Lagascea mollis*, *Leptochloa filiformis*, *Phyllanthus niruri*, *Portulaca oleracea*, *Sida rhombifolia*, *Siegesbeckia jorullensis*, *Solanum* sp., *Spilanthes* sp y *Synedrella nodiflora*. La plantación de cacao es un sitio que no ha sido intervenido por operaciones de labranza durante más de 25 años; presenta una cobertura vegetal estratificada y abundante hojarasca que protege la superficie del suelo y en ella predominan *Theobroma cacao*, *Samanea saman*, *Phitecelobium dulce*, *Inga edulis*, *Synedrella nodiflora*, *Merremia umbellata*, *Phyllanthus niruri*, *Cordia polycephala*, *Laciasis sorghoidea*, *Justicia cumata*, *Momordica charantia*, *Rivina humilis*, *Laciasis lafoidea*, *Casearia* sp., *Laportea aestuans*, *Centrum nocturno*, *Indigofera* sp., *Talinum paniculatum*, *Sida rhombifolia*, *Petiveria alliacea*, *Capsicum frutescens*, *Amaranthus dubius* y *Panicum maximum*.

Los suelos se clasificaron como serie Ceiba (Entic Udic Haplusterts) y Galpón (Epiaquert Típico); el primero desarrollado a partir de materiales aluviales de texturas medias y finas, con reacciones ligeramente ácidas a neutras en la primera capa y alcalinas en el subsuelo, y el segundo desarrollado de materiales aluviales, principalmente limos y calcáreos, con horizontes de texturas arcillosas y reacciones que varían de ligeramente ácidos a alcalinos en las capas inferiores. Ambos se caracterizan por la alta CIC debido al tipo de arcillas 2:1 y la escasa precipitación (Ruiz, 1999).

Método de muestreo de los macroinvertebrados

Parcelas de una hectárea se organizaron para el montaje de un diseño experimental de parcelas dividas, con 3 repeticiones por tratamiento y 4 muestreos por repetición. El método que se empleó para la extracción de los macroinvertebrados fue el recomendado por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical, BFST (Tropical Soil Biology and Fertility, TSBF) (Anderson e Ingram, 1993). Los muestreos se realizaron a cinco profundidades (mantillo, 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm) durante seis semanas y después de finalizar las lluvias.

Los macroinvertebrados se agruparon en hormigas, Myriapoda, Coleoptera, lombrices y otros; para cada uno se cuantificó la abundancia (Ind./0.0062 m² x 30 cm de profundidad), la biomasa (g.p.f. 0.0062 m² x 30 cm de profundidad) y se estimó la riqueza específica o bien se agrupó a los individuos por orden, familia o género (número de unidades taxonómicas, u.t.) dependiendo del grado de conocimiento de cada grupo. Los artrópodos se conservaron en alcohol al 70% y las lombrices en formaldehído al 5%.

Análisis de la información

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el Programa estadístico SAS 6.10 para reducir la variabilidad de la abundancia y biomasa de los 15 grupos de macroinvertebrados que predominaron en los muestreos de los cinco usos del suelo. Además, se hizo un análisis

de agrupamiento para los macroinvertebrados y las características del suelo con el paquete estadístico SPAD versión 3.21.

Resultados

Comunidades de macroinvertebrados en los usos del suelo

El Análisis de Componentes Principales (ACP) para la abundancia, arrojó tres factores que explicaron el 90% de la varianza total (Cuadro 1, Figura 1). El factor I (44%) se relacionó con elevadas abundancias de Araneae, Coleoptera, Lepidoptera y lombrices y bajas abundancias de

CUADRO 1. Principales correlaciones extraídas con el ACP para la abundancia de macroinvertebrados de cinco usos del suelo de Palmira, Colombia.

Unidades taxonómicas	Factor I (44 %)	Factor II (26 %)	Factor III (20.9 %)
Lombrices	0.31	-0.26	0.02
Hormigas	0.13	-0.33	0.37
Myriapoda	-0.26	0.27	0.2
Coleoptera	0.36	0.14	0.08
Isopoda	0.12	-0.07	0.45
Lepidoptera	0.32	-0.12	-0.22
Dermáptera	-0.28	0.0	0.21
Diptera	0.29	0.33	-0.04
Araneae	0.38	-0.01	0.1
Gastropoda	-0.02	0.46	0.07
Blattaria	-0.19	-0.09	0.46
Orthoptera	-0.03	0.35	0.29
Hymenoptera	-0.05	-0.45	0.15
Hemiptera	0.26	0.13	0.38
Otros	0.37	0.13	0.06

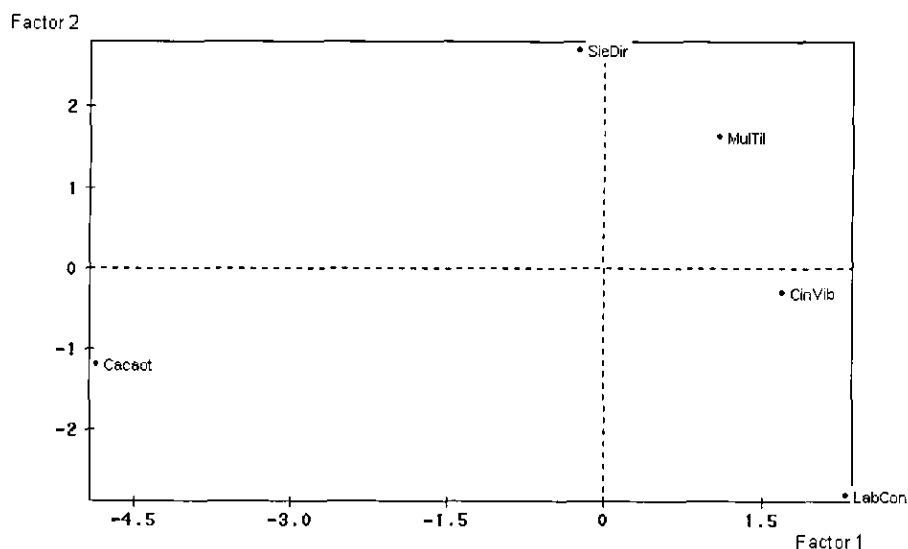


FIG. 1. Localización de los sitios con relación a los dos primeros factores extraídos por el Análisis de componentes Principales para la variable abundancia, el cual incluye el peso de los factores 1 (44%) y 2 (26), localización de los usos del suelo de acuerdo con la correlación y, posición y relación con los factores.

Myriapoda, Dermaptera y Blattaria, separando claramente al suelo no labrado con presencia de cobertura de residuos vegetales sobre la superficie, característico del cacaotal. El factor II (26%), se caracterizó por tener menor diversidad y abundancia de macroinvertebrados, con una alta abundancia de Gasteropoda, Orthoptera, Diptera, Myriapoda y bajas abundancias de lombrices y hormigas, ordenando a los sistemas de labranza con la mayor alteración del suelo. El factor tres (20.9 %) se identificó como un componente con valores altos de Blattaria, Isopoda, Hemiptera, hormigas y Dermaptera y una baja ocurrencia de Lepidoptera; este factor separó a los suelos con sistemas de labranza cero y reducida mulch tiller, que presentaron menor diversidad pero mayores valores de abundancia de macroinvertebrados.

En la biomasa se diferenciaron tres factores que explicaron el 90% de la varianza total de macroinvertebrados (Cuadro 2, Figura 2). El primer

CUADRO 2. Principales correlaciones entre los macroinvertebrados de cinco tipos de uso del suelo y los factores extraídos por el ACP para la biomasa.

Unidades taxonómicas	Factor I (38 %)	Factor II (29 %)	Factor III (23 %)
Lombrices	0.16	0.26	0.38
Hormigas	0.03	0.42	0.24
Myriapoda	-0.23	0.3	0.28
Coleoptera	-0.23	-0.26	0.12
Isopoda	0.19	0.04	0.47
Lepidoptera	0.36	-0.1	-0.1
Dermaptera	0.24	-0.22	0.38
Diptera	-0.24	-0.25	0.11
Araneae	0.06	0.46	0.18
Gastropoda	-0.4	-0.15	0.1
Blattaria	0.33	-0.9	0.34
Orthoptera	0.0	0.0	0.0
Hymenoptera	0.42	-0.4	0.05
Hemiptera	0.33	-0.06	0.34
Otros	-0.11	0.46	0.11

factor (38%) estuvo ligado a los grupos con mayor ocurrencia en la hojarasca y en los primeros centímetros del suelo, pero con una reducida contribución a la biomasa (Hymenoptera, Gasteropoda, Lepidoptera, Hemiptera y Blattaria). El segundo factor (29.2%) se relacionó con grupos que viven en los 10 primeros centímetros del suelo como Araneae, hormigas, Myriapoda, Coleoptera y otros, pero con un mayor aporte en biomasa; finalmente el tercer factor (22.7) incluyó grupos que habitan el suelo por debajo de los 10 cm de profundidad, de mayor tamaño y con valores de biomasa elevados (lombrices, hormigas y algunos géneros de Coleoptera).

La riqueza de especies en todos los sistemas (Figura 3), estuvo representada por las hormigas, Coleoptera, Myriapoda, lombrices. Otros gru-

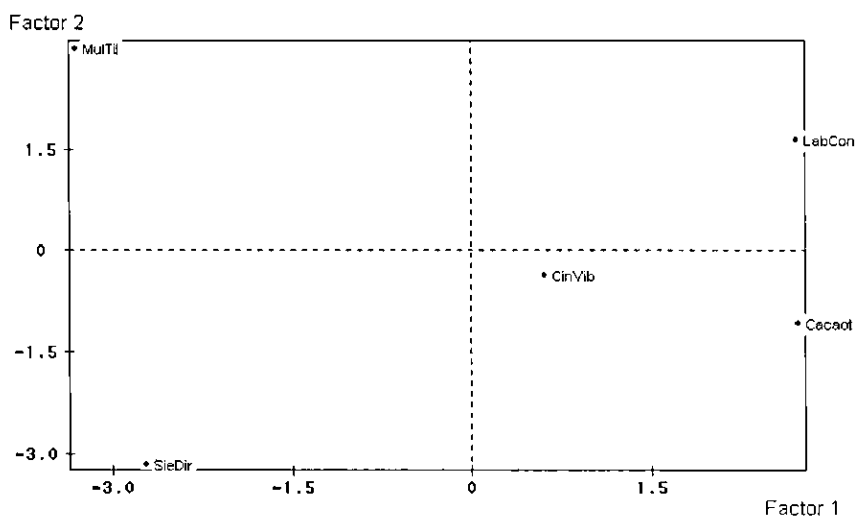


FIG. 2. Localización de los sitios con relación a los dos primeros factores extraídos por el Análisis de componentes Principales para la variable biomasa, el cual incluye el peso de los factores 1 (38%) y 2 (29.2), localización de los usos del suelo de acuerdo con la correlación y, posición y relación con los factores.

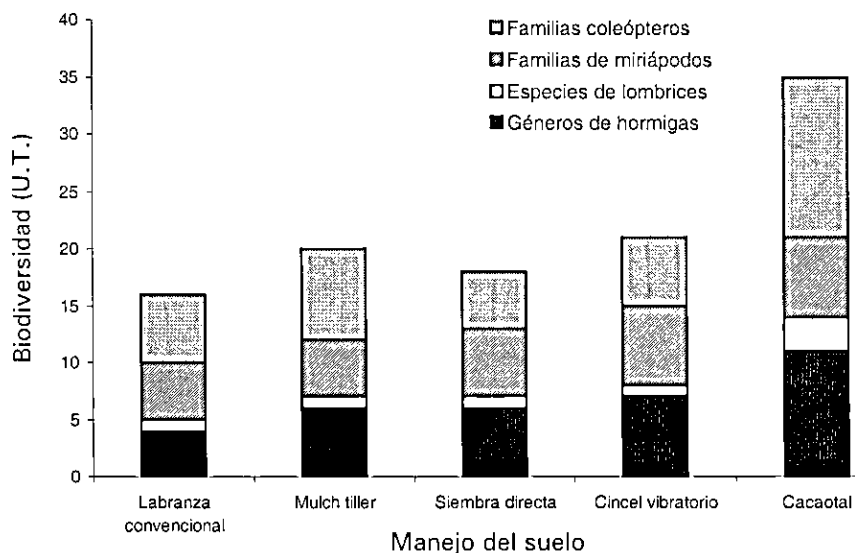


FIG. 3. Biodiversidad de los macroinvertebrados en diferentes usos del suelo.

pos de menor frecuencia y abundancia y aportes en biomasa como los Isopoda, Diptera, Dermaptera, Araneae, Gasteropoda, Blattaria, Orthoptera, Hymenoptera y Hemiptera los cuales, fueron registrados bajo la categoría de otros.

En las hormigas se encontraron 14 géneros, algunos de los cuales fueron específicos para cada sitio como las cultivadoras del género *Atta* sp, *Cyphomyrmex* sp, *Wasmania* sp, *Linepithema* sp y un género depredador (*Acanthonagthus* sp) que solo se encontró en el cacaotal. Otros tales como *Baciseros* sp., *Solenopsis* sp, *Cardiocondyla* sp., *Pheidole* sp., *Hypoponera* sp y *Paratrechina* sp se encontraron en los suelos cultivados.

En los sistemas evaluados las hormigas predominaron en abundancia (30 al 70%), mientras que la biomasa fue muy baja (0.5 hasta 5.5%). Los valores más altos se encontraron en mulch tiller (80 Ind./0.0062 m² x 30 cm, 66% de la comunidad) seguido del cacaotal (50, 54.6%) (Figura 4). Los tratamientos con labranza convencional y cincel vibratorio mostraron las menores densidades (13 y 16, 29 y 23% respectivamente). Los mayores valores en biomasa los presentó siembra directa (0.3 g.p.f. m² x 30 cm de profundidad), mientras que los otros presentaron valores similares (0.05, 0.03, 0.01 y 0.01g en cacaotal, mulch tiller, cincel vibratorio y labranza convencional respectivamente) (Figura 5).

Dentro de los Myriapoda se diferenciaron tres órdenes de Diplopoda: Polidesmida (con dos familias Pyrgodesmidae y Chelodesmidae), Spirobólida y Polixenida con una familia cada uno; mientras que en los Chilopoda se diferenciaron dos órdenes: Geophilomorpha (morfoespecies 1 y 2) y Scolopendromorpha (morfoespecie 1); finalmente solamente se encontró una especie sin identificar de Symphyla. La abundancia de Myriapoda fue mayor en los sistemas donde se realizó la labranza del suelo (22, 21 y 19 ind./0.01875 m³ en labranza convencional, cincel vibratorio y mulch tiller, respectivamente) (Figura 4), con un predominio de Symphyla y Polidesmida. En los sistemas menos perturbados como el cacaotal y siembra directa, la densidad de los Myriapoda fue más baja (9 y 4 ind. respectivamente). En estos sitios, los symphylidos y

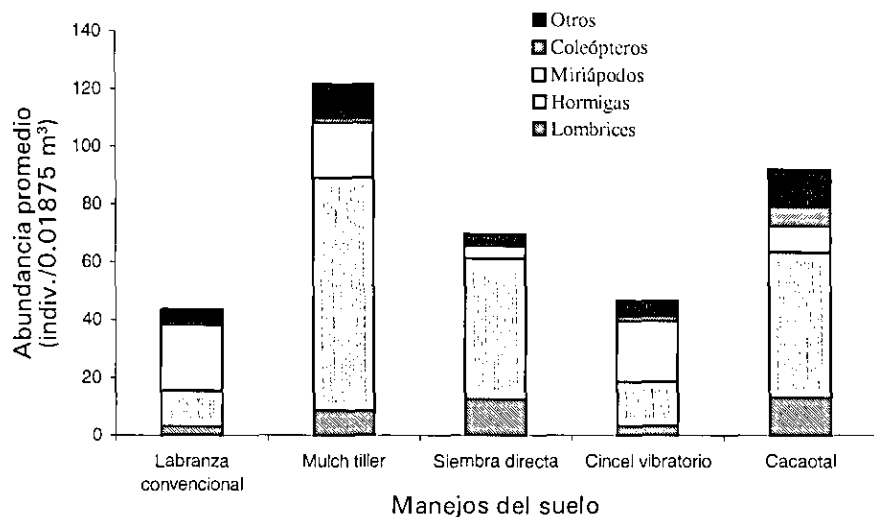


FIG. 4. Abundancia de los macroinvertebrados en diferentes usos del suelo.

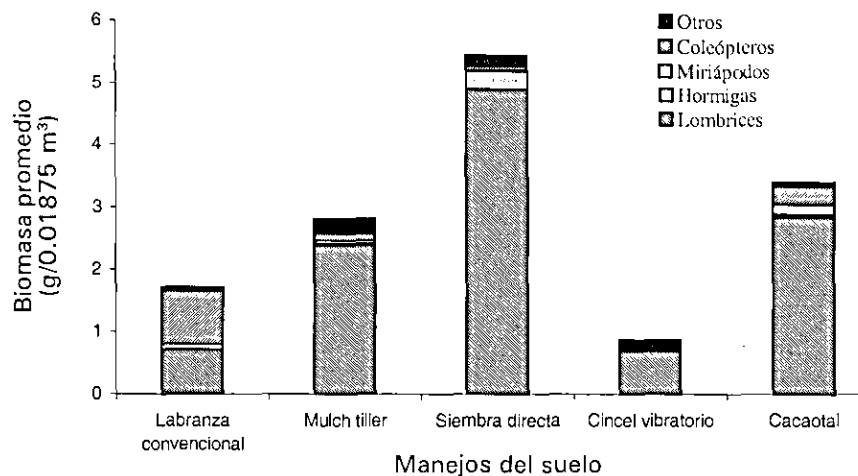


FIG. 5. Biomasa de los macroinvertebrados en diferentes usos del suelo.

Chilopoda Geophilomorpha fueron los más representativos. El aporte en biomasa de Myriapoda fue bajo comparado con la abundancia representando del 0.2 al 4.7% de la biomasa total (Figura 5). En el cacaotal se encontraron los mayores valores de biomasa para este grupo 0.16 g (4.7%) mientras que en siembra directa se encontraron los valores más bajos (0.01 g, 0.2%).

Dentro del orden Coleoptera predominaron en el cacaotal las familias *Elateridae*, *Curculionidae* (subfamilia *Baridinae*), *Melolonthidae* (géneros *Cyclocephala* sp., *Plectris* sp., *Ceraspis* sp. y *Phylophaga* sp) y la familia *Scarabaeidae* (*Canton mutabilis*, *Canton* sp. y *Ataenius* sp). En suelos cultivados predominaron *Staphilinidae*, *Cicindelidae* (*Megacephala sobrina*, *Dejeani*), *Tenebrionidae*, *Curculionidae* (*Baridiinae*) y *Melolonthidae* (*Leucothyreus* sp y *Proturius* sp).

En el grupo de las lombrices se encontraron cuatro géneros ubicados en tres familias: *Glossoscolecidae* (*Pontoscolex corethrurus*) *Megascolecidae* (*Polypheretima elongata* y *Amyntas gracilis*) y *Ocochaetidae* (*Dichogaster annae*). Las lombrices predominaron en el cacaotal y en los tratamientos sin labranza con 13 ind./0.01875 m³ cada uno, representando el 14.4 y 18.1 % de la abundancia total, respectivamente, y con aportes en biomasa de 2.8 y 4.9 g (que representan el 90 y 83.4 % de la biomasa total). En el sistema con labranza mulch tiller se encontraron 9 ind./0.01875 m³ que representan el 7.1% de la población, superando a los tratamientos con labranza convencional y cincel vibratorio (3 ind./0.01875 m³, 6.9%). En el caso de la biomasa ocurrió algo similar con valores en los sistemas mulch tiller, convencional y cincel vibratorio de 2.4, 0.7 y 0.7 g/0.01875 m³, respectivamente (84.8, 42.3 y 79.2 %).

La mayoría de los grupos de menor ocurrencia también fueron específicos para cada sitio: *Araneae* (*Theriidae*, *Liniphidae* y *Lycosidae*), *Hemiptera* (*Reduviidae*), *Blattaria*, *Isopoda* y *Gasteropoda* solo se presentaron en suelos cultivados y alterados por la labranza mientras que, *Araneae* (*Corinnidae* y *Salticidae*) solo se encontraron en el Cacaotal.

Relaciones entre los macroinvertebrados y algunas características físicas y químicas del suelo

Los suelos analizados se caracterizaron por su alto contenido de calcio, baja materia orgánica y nitrógeno. Sólo se detectaron diferencias altamente significativas ($p > 0.005$) entre los contenidos de nitrógeno para las capas 0 - 10 y 10 - 20 cm (Cuadro 3).

Los valores de abundancia y biomasa de los macroinvertebrados del suelo no presentaron altas correlaciones con los parámetros evaluados (humedad y densidad aparente del suelo, contenidos de materia orgánica, carbono y nitrógeno); solo la abundancia presentó una baja correlación significativa con los contenidos de calcio ($p < 0.05$). Por el contrario las correlaciones entre los parámetros físicos y químicos fue alta ($p < 0.005$), encontrándose que a mayor densidad aparente del suelo se presentó una menor humedad así como una disminución de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, carbono y calcio con correlación positiva altamente significativa ($p < 0.001$).

El Análisis de Conglomerados aglutinó tres grupos de acuerdo con los valores de abundancia de macroinvertebrados y algunas propiedades físicas y químicas de los suelos (Cuadro 4, Figura 6). El primer grupo, aglutinó Labranza Convencional y Cíncel vibratorio con alta abundancia, baja biomasa, altos valores de densidad aparente y calcio y bajos valores de materia orgánica y nitrógeno. En el segundo grupo se asociaron Siembra directa y Mulch tiller, con abundancia y biomasa más altas; el tercer grupo solo incluyó al Cacaotal como uso atípico con alta abundancia, y con una densidad aparente más baja y una materia orgánica y calcio más altos que en los otros grupos.

CUADRO 3. Contenidos de materia orgánica, carbono, nitrógeno y calcio en el suelo bajo diferentes sistemas de uso del suelo.

Sitio	Profundidad (cm)							
	0 - 10				10 - 20			
	M.O. (%)	C (%)	N (%)	Calcio (C mol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	M.O. (%)	C (%)	N (%)	Calcio (C mol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Labranza convencional	3.8 a	2.2 a	0.1 a	11.9 a	3.9 a	2.3 a	0.12 a	11.9 a
Mulch tiller	4.2 a	2.4 a	0.1 a	13.1 a	3.9 a	2.2 a	0.09 a	13.5 a
Siembra directa	4.2 a	2.4 a	0.1 a	12.6 a	4.1 a	2.4 a	0.1 a	12.5 a
Cinzel vibratorio	3.9 a	2.3 a	0.1 a	12.4 a	3.7 a	2.2 a	0.09 a	12.9 a
Cacaotal	5.9 a	3.4 a	0.2 b	15.7 a	3.9 a	2.3 a	0.14 b	13.8 a

Valores con diferente letra son significativamente diferentes

CUADRO 4. Componentes extraídos en el análisis de agrupamiento para la abundancia y biomasa promedio de macroinvertebrados y el promedio de algunas características del suelo.

Nº cluster	Uso de la tierra	Abundancia	Bio-masa	Dap (g/cm³)	Humedad volumétrica (%)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Carbono (%)	Calcio (C mol ¹⁺¹ kg ⁻¹)
1	Labranza convencional y cincel vibratorio	45 (1.62)	1.27 (0.4)	1.52 (0.04)	17.33 (0.37)	3.8 (0.13)	0.11 (0.005)	2.2 (0.58)	12.4 (0.45)
2	Siembra directa y mulch tiller	96 (26.1)	4.1 (1.32)	1.52 (0.04)	17.7 (0.02)	4.1	0.11 (0.01)	2.4 (0.09)	12.9 (0.05)
3	Cacaotal	92	3.4	1.43	23.2	5.3	0.18	3.0	15.2

Entre paréntesis () la desviación estándar

Abundancia = (ind/0.062 m²)

Biomasa = (g.p.f./0.062 m²)

Dap = Densidad aparente

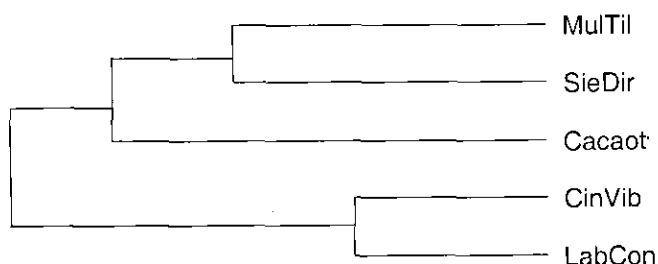


FIG. 6. Dendrograma de los diferentes usos del suelo según la macrofauna y características físicas y químicas del suelo. Mul til = Mulch tiller; Sie Dir = siembra directa; Cacaot = cacaotal; Cin Vib = Cíncel vibratorio; Lab Con = Labranza convencional.

Discusión

La abundancia, biomasa y diversidad de los macroinvertebrados cambió según el grado de alteración del suelo. Suelos menos perturbados como el Cacaotal, con presencia de vegetación estratificada (dosel, arbustivo y sotobosque), mayor cantidad de residuos vegetales sobre la superficie del suelo que brindan protección y fuente de alimento así como mejores condiciones físicas (mayor humedad y menor densidad del suelo en los primeros centímetros) favorecieron la presencia de los macro-invertebrados. En este uso del suelo se observaron algunos organismos exclusivos, como por ejemplo algunos depredadores de Araneae (familia Corínnidae y Salticidae), Formicidae depredadoras (*Acanthognathus* sp) y cultivadoras de hongos (*Atta*, *Cyphomyrmex* sp, *Wasmania* sp, y *Linephitema* sp); Coleoptera herbívoros (Elateridae, Curculionidae (Baridinae), Melolonthidae (*Cyclocephala* sp, *Plectris* sp, *Ceraspis* sp, *Phylophaga* sp) o saprófagos (Scarabaeidae (Aphodiinae, Scarabaeinae) y diplópodos detritófagos (Polixenida y Polidesmida morfoespecie 2).

Por el contrario, en los sitios con labranza los macroinvertebrados se vieron sometidos al estrés de la simplificación de la vegetación y pérdida de materia orgánica, la labranza y la aplicación de agroquímicos. Pocos macroinvertebrados tuvieron la habilidad para sobrevivir a estos

cambios, tales como algunas hormigas (*Baciseros* sp, *Solenopsis* sp, *Cardiocondyla* sp, *Pheidole* sp., *Hypoconera* sp y *Paratrechina* sp), coleópteros (*Megacephala sobrina Dejeani*), Araneae (*Theriidae*), blatidos (*Blattellidae*), dermápteros, symphylidos y quilópodos (*Geophilomorpha*).

La fauna depredadora dominó en los suelos cultivados mientras que los sitios menos alterados albergaron macroinvertebrados con diferente hábito alimenticio. La presencia de hormigas de los géneros *Hypoconera*, *Solenopsis* y *Pheidole* en suelos perturbados coincide con los resultados obtenidos por Feijoo et al. (1999) y Lobry de Bruyn, (1999), quienes registraron el género *Paratrechina* como habitante frecuente de ambientes perturbados; por esta razón se propone a las hormigas como un grupo importante para la recuperación de la calidad del suelo y para predecir sistemas que se encuentre en proceso de agotamiento biológico o de regeneración.

La presencia de Coleoptera en los diferentes sistemas estuvo marcada por el hábito alimenticio. En suelos cultivados predominaron los saprófagos y rizófagos en estado de larva con poca presencia de adultos, mientras que en suelos cultivados dominaron los depredadores y algunos fitófagos en estado de larva. Por otra parte, el mayor número de Coleoptera en el Cacaotal comparado con los otros sistemas difiere de lo encontrado por Lavelle y Pashanasi (1989).

Grupos de macroinvertebrados como los Coleoptera, *Megacephala sobrina Dejeani*, las hormigas de los géneros *Baciseros* sp, *Solenopsis* sp, *Cardiocondyla* sp, *Pheidole* sp, *Hypoconera* sp y *Paratrechina* sp, arañas de los géneros *Theriidae*, *Lyniphidae* y *Lycosidae*, tienen gran capacidad de adaptación a suelos alterados por la labranza, lo cual les confiere un alto potencial para su uso como indicadores de ambientes perturbados.

La diversidad de lombrices se afectó por la remoción del suelo de la maquinaria, los cuales ocasionan una mayor compactación de las primeras capas del suelo y contribuyen a acelerar los procesos de descomposición de la materia orgánica al dejarla expuesta en las capas

superficiais. Sólo *P. corethrurus* se adaptó a esta condición mientras que otras especies tales como *A. gracilis* y *D. annae* (epigeicas, habitantes del mantillo) y *P. elongata* (endogeica) desaparecieron. Estos procesos están asociados con una menor disponibilidad de carbono y disminución de las condiciones físicas que permitan la vida.

Son conocidos los cambios en las comunidades de macroinvertebrados del suelo después de la alteración de la vegetación natural y la introducción de diferentes usos del suelo (Decaens et al., 1994; Filser et al., 1995; Giller et al., 1997; Feijoo et al, 1999; Höfer, et al., 2001). Este estudio mostró el impacto que ocasionan en los sistemas de cultivo algunas de las prácticas que se realizan cotidianamente, donde no sólo se afecta la biota del suelo sino también las características físicas y químicas. Además, se demuestra la importancia de los sistemas con vegetación estratificada para el mantenimiento de los grupos de fauna del suelo. En consecuencia una buena alternativa para el uso de la tierra, es la introducción de sistemas con árboles que garanticen la recuperación de aquellos suelos agotados por el impacto semestral de la labranza y las aplicaciones de agroquímicos. Sin embargo, se requiere profundizar en la búsqueda y estudio de alternativas que permitan mantener la productividad y conservar los recursos naturales.

Referencias

- ANDERSON, J. AND INGRAM, J. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods. TSBF. 44-46.
- BRUSSAARD, L. AND FERRERA, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. Lewis Publisher. Lyjbert Brussaard and Ronald Ferrera (Ed.). New York. 161 p.
- BLAIR, J.; BOLEEN, P. AND FRECKMAN, D. 1996. Soil invertebrates as indicator of soil quality. pp 273-292. In: Doran, J. and Jones, A. (eds). Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America. SSSA Special publication. Madison, Wisconsin. 313 p.

- DECAENS, T.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J.; ESCOBAR, G. AND RIPPSTEIN, G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil.* Vol. 30, No. 4. 157-168.
- FEIJOO, A.; KNAPP, P.; LAVELLE, P. AND MORENO A. 1999. Quantifying soil macrofauna in a Colombian watershed. *Pedobiología.* 43, 513-517.
- FILSER, J.; FROMM, H.; NAGEL, R.; AND WINTER, K. 1995. Effects of previous intensive agriculture management of microorganism and the biodiversity of soil fauna. *Plant and Soil.* 170, 123-129.
- GILLER, K. E., BEARE, M. H., LAVELLE, P., IZAC, A. M., SWIFT, M. J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agrosystem function. *Appl. Soil Ecol.* 6, 3-16.
- HÖFER, H., HANAGARTH, W., GARCÍA, M., MARTIUS, C., FRANKLIN, E., RÖMBKE, J., LUDWIG, BECK. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *Europ. J. Soil Biol.* 37: 21-27.
- HOUSE, G. AND PARMELEE, J. 1985. Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no tillage agroecosystems. *Soil and Tillage Research.* Vol 5: 351-360.
- LAL, R. 1998. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* Vol. 24: 101-106.
- LOBRY DE BRUYN, L. 1999. Ants as bioindicator of soil function in rural environments. *Agricultural, Ecosystems and Environment.* 74, 425-441.
- PANKHURST, C.; HAWKE, B.; MCDONALD, H. KIRKBY, C.; BUCKERFIELD, J.; MICHELSE, P; O'BRIEN, K.; GUPTA V. AND DOUSE. 1995. Evaluation of soil biological properties as potencial indicator of soil health. *Australian J. Exper Agric.* 35, 1015-1128.

PAOLETTI, M.; SOMMAGGIO, D.; FAVRETTO, M.; PETRUZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B. AND BARBAFIERI, M. 1998. Earthworms as useful bioindicator of agroecosystem sustainability in orchard and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*. 10, 137-150.

RUIZ, H. Efecto de cuatro sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un Vertisol cultivado intensivamente en el Valle Geográfico del Río Cauca. Palmira. 1999. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. 192 p

Lenita J. Oliveira¹; George G. Brown¹; José R. Salvadori²

Introdução

No sentido mais amplo, coró é a denominação vulgar da larva de besouros escaravelhos que pertencem à superfamília Lamellicornia ou Scarabaeoidea, da ordem Coleoptera. No Brasil, as larvas desse grupo também recebem, além de coró, outras denominações populares como bicho-bolo, pão-de-galinha e capitão. Em outros países essas larvas são conhecidas como whitegrub, gallina ciega, gusano blanco, joboto, chisa e mojoyoy. Esse grupo é muito diversificado quanto a forma, coloração, tamanho e hábitos e até 1997, estimava-se que já havia cerca de 30.000 espécies catalogadas no mundo (Morón et al. 1997), mas depois disso outras espécies foram descritas, inclusive no Brasil. Espécies desse grupo podem habitar ninhos de aves ou insetos (formigas, cupins), troncos podres de árvores ou o solo, associadas ao húmus, material vegetal ou animal em decomposição, fezes de animais superiores ou à rizosfera de plantas (Morón 1996).

Adultos e larvas são mastigadores mas, em geral, se alimentam de diferentes substratos e as espécies fitófagas geralmente são polífagas.

As larvas podem ser fitófagas, alimentando-se de vegetais, como raízes (rizófagas), caules subterrâneos, bulbos e tubérculos, ou saprófagas, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição, como madeira (xilófagas), fezes (coprófagas), animais mortos (necrófagas), húmus e palha. Larvas de algumas espécies foram encontradas predando ovos de gafanhotos. Os adultos podem se alimentar de flores, ramos, folhas

¹ Embrapa Soja; Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR.

² Embrapa Trigo

(filófagos), frutas (frugívoros), pólen e néctar (mielífagos), raízes excrementos, cadáveres e restos queratinizados e material em decomposição. Os machos adultos de algumas espécies não se alimentam.

Características gerais do grupo

Os adultos da superfamília Lamellicornia ou Scarabaeoidea são pentâmeros (5 segmentos tarsais) com antenas do tipo lameladas. As larvas são do tipo escarabeiforme apresentando o corpo recurvado, em forma da letra "C".

Em geral, a identificação das espécies é feita pelos adultos, mas também é possível, em muitos casos, separar as espécies através das larvas. Mesmo para aqueles que não tem formação taxonômica, é possível separar as larvas em morfoespécies ou morfotipos através da observação do desenho formado pelas cerdas no último segmento abdominal das larvas.

A superfamília Lamellicornia (*sensu* Endrodi 1966) está dividida em 5 famílias: Melolonthidae, Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae e Lucanidae.

Os adultos da família Melolonthidae (*sensu* Endrodi 1966 citado por Morón et al. 1997), uma das mais comuns em agroecossistemas no Brasil, apresentam antenas com 3 a 7 lamelas, sendo o escapo antenal mais curto que o flagelo; cabeça proporcionalmente pequena em relação ao corpo que geralmente é ovalado e robusto (raramente achatado e fino); são pentâmeros com unhas tarsais bem desenvolvidas; medem 3 a 170 mm com uma ampla gama de cores e freqüentemente apresentam dimorfismo sexual acentuado. As larvas são, geralmente, brancas ou branco-amareladas, tipicamente escarabeiformes com três pares de patas bem desenvolvidos; têm antenas com quatro segmentos, sendo o último bem conspícuo e palpos maxilares com quatro segmentos

A família Melolonthidae divide-se em seis subfamílias (Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Trichiinae, Valginae e Cetoniinae) e os corós associados aos agroecossistemas quase sempre pertencem às três primeiras.

Dentro dessa família, as populações mais comuns em solos de agroecossistemas brasileiros pertencem à subfamília Rutelinae (ex: *Anomala*) e Dynastinae (ex: *Cyclocephala* e *Bothynus*), cujas larvas se alimentam de material em decomposição e mais raramente de raízes e à subfamília Melolonthinae (ex: *Phyllophaga*, *Diloboderus*), na qual as larvas se alimentam de raízes, bulbos, tubérculos e de material em decomposição. Nessas subfamílias as larvas podem ser fitófagas ou saprófagas obrigatórias ou facultativas.

Algumas espécies podem mudar o hábito alimentar durante o desenvolvimento da larva, comportando-se como saprófagas no 1º instar e passando a consumir raízes cada vez mais fibrosas e caules subterrâneos duros nos últimos instares, comportando-se como estritamente rizófagas. Outras espécies mudam a estratégia de alimentação conforme o recurso disponível e são classificadas como facultativas. Por exemplo, se ovos de Dynastinae são colocados em solos ricos em matéria orgânica, suas larvas se desenvolvem completamente como saprófagas, mas se as larvas iniciam seu desenvolvimento em solo com pobre em húmus, mas com grande oferta de raízes, se comportam como rizófagas durante os três instares larvais (Morón 2001).

Os melolontídeos apresentam ciclo biológico longo e o tempo entre uma geração e outra varia de seis meses a três anos, conforme a espécie e o clima. A fase larval é a mais longa e os corós sofrem três ecdises durante esse período. Larvas de último estágio, o qual representa, em geral, cerca de 70% da duração da fase larval, apresentam seu tamanho máximo e sua maior capacidade de consumo alimentar. Algumas espécies entram em diapausa durante a parte final do 3º instar, alojando-se em uma câmara, dentro da qual passam a fase de pupa, até tornarem-se adultos. Os ovos geralmente são depositados no solo e a longevidade do adulto pode variar de alguns dias a mais de dois meses. O acasalamento ocorre dentro do solo, na superfície deste ou na folhagem. Nas espécies edáficas, é comum os adultos saírem do solo em revoadas diurnas, crepusculares ou noturnas para acasalar-se, voltando ao solo posteriormente.

Corós como engenheiros do solo

A interação dos corós com seu meio ambiente é intensa e pode ocorrer de três formas: a) consumo de grandes quantidades do substrato alimentar; b) dejeção de uma parte significativa do volume ingerido, na forma de fezes ricas em substâncias nitrogenadas e; c) servindo de alimento para um grande número de inimigos naturais predadores, parasitos, parasitóides e patógenos (Morón 1999).

Algumas espécies constroem túneis verticais no solo (galerias), que ligam a superfície destes a uma câmara subterrânea, onde vivem. Em alguns casos, esses túneis atingem mais de 1m de comprimento. Essas espécies promovem intensa incorporação e decomposição de resíduos vegetais, contribuindo para melhorar as características físico-químicas do solo.

O coró-da-palha, *Bothynus* spp., encontrado desde o sul do Brasil até a região Amazônica, constrói galerias cujo comprimento varia de 0,4 a 1,28m de profundidade (Gassen 1999). Os teores de P, K e matéria orgânica encontrados em sua câmara larval, são equivalentes aos da camada superficial do solo e várias vezes superiores aos da camada onde se encontram essas câmaras (Gassen 1993).

Resultados semelhantes foram observados para o coró-das-pastagens, *Diloboderus abderus*, considerado praga em algumas situações. Esse coró também constrói galerias verticais com até 1,8 cm de diâmetro, onde vive e armazena palha (Gassen 1999). Gassen & Kochhann (1993) constataram a presença de cerca de 73 galerias/m², em lavouras de trigo em plantio direto, observando que os teores de K, Mg, Ca e matéria orgânica no interior das câmaras era equivalente ao da camada superficial do solo (até 10cm) e várias vezes superior aos da camada entre 10 e 25cm.

Brown et al. (2001) observaram galerias de corós (espécie não identificada) em diversos tipos de manejo de solo e rotação de culturas no Paraná e observaram que os orifícios na superfície do solo foram mais abundantes em plantio direto que no sistema de manejo conven-

cional do solo. O volume total das galerias/m² foi cerca de até 10 vezes maior no plantio direto, embora o volume médio individual dos buracos tenha sido maior no plantio convencional. Os autores não observaram diferenças significativas em relação aos diferentes sistemas de rotação de culturas.

Mesmo as espécies que não constróem galerias, rizófagas ou não, abrem canais horizontais e verticais para locomoção e muitas constróem câmaras para pupação (bioporos).

Os bioporos, canalículos, galerias e orifícios na superfície do solo feitos por adultos e larvas contribuem para aumentar a porosidade e aeração do solo, melhoram a infiltração de água e servem de caminhos para o crescimento de raízes e refúgio/moradia para outros invertebrados.

A densidade de melolontídeos (larvas e besouros) em solos pode variar de alguns indivíduos a centenas/m². Em geral, as larvas presentes em agroecossistemas variam de menos de 1cm, no início do desenvolvimento, até 2 a 5 cm, no final do 3º instar larval. Morón (2001) relata que larvas de melonlontídeos alcançam de 3 a 90mm de comprimento, conforme o estágio de desenvolvimento, e seu peso fresco varia de 0,05 a 27 g.

As larvas de melolontídeos precisam consumir de 45 a 80 vezes o seu peso em substrato alimentar para completar seu desenvolvimento (Móron 1987), o que implica que para cada grama de larva presente no solo, se processa, em média, 63g de substrato. Desta maneira, são reciclados quase 60g de excrementos enriquecidos com bactérias e produtos nitrogenados de fácil assimilação por grama de larva (Morón 2001).

Larvas de *P. cuyabana*, no 3º instar, alimentadas com raízes de soja, girassol ou *Crotalaria juncea*, pesam, em média, 0,8 a 1g e podem consumir mais de 30 vezes a sua biomassa, devolvendo cerca de 16 a 20% desse consumo ao solo na forma de fezes (Oliveira 1997).

Corós como pragas de plantas cultivadas

Apesar dos benefícios que, mesmo as espécies que consomem raízes, trazem ao solo, em certas situações algumas espécies rizófagas incidem em níveis populacionais capazes de causar danos econômicos na agricultura.

A diversidade de espécies, predomínio local e a abundância dos corós são determinados por interações de fatores bióticos, como inimigos naturais, competição intra e interespecífica e interferência antrópica, e abióticos, como estrutura, textura e conteúdo nutricional do solo, temperatura e umidade do solo. Quanto maior o grau de perturbação do ecossistema, menor a diversidade de espécies.

A interferência antrópica é um fator importante para alterar a composição e densidade populacional de espécies edáficas. O uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, a ausência de plantas daninhas, o uso de cultura em linhas e a monocultura contribuem para simplificar a comunidade edáfica e reduzir a contribuição benéfica dos organismos de solo. O sistema de manejo do solo é outro fator importante, uma vez que o plantio direto, em geral associado à rotação de culturas, favorece as espécies edáficas saprófagas e circunstancialmente rizófagas. Já, o manejo convencional do solo (aração e gradagens) tende a favorecer as espécies edáficas essencialmente fitófagas, embora lavouras danificadas por corós rizófagos ocorram tanto em plantio direto quanto em convencional.

O coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) é um típico exemplo de praga que, secundariamente, traz consequências positivas para o solo. Esta espécie é citada como praga de pastagens e de lavouras no Rio Grande do Sul, na Argentina e no Uruguai, há longa data. Durante muito tempo aceitou-se que sua ocorrência era determinada por solos não revolvidos (Torres et al. 1976). Mais recentemente, foi comprovado que um de seus requisitos biológicos mais importante são os restos culturais (Silva 1995) o que, também, explica sua associação a pastagens e a lavouras conduzidas sob plantio direto.

O coró-das-pastagens utiliza restos culturais (palha) para construção do ninho e como alimento. Constrói uma galeria vertical que liga a superfície do solo com uma câmara a aproximadamente 20 cm de profundidade, onde vive, defeca e armazena palha (que serve de primeiro alimento de larvas pequenas), o que lhe confere uma faceta benéfica. A importância do coró-das-pastagens na distribuição de nutrientes no perfil do solo, na mineralização de nutrientes e, através de sua galeria, na infiltração da água da chuva no solo, foi caracterizada por Gassen & Kochhann (1993) e Gassen et al. (1993). No entanto, tais benefícios só se materializam após danos significativos, decorrentes da ação das larvas, especialmente as de 3º instar, que consomem sementes, raízes e partes verdes da planta, que carregam para dentro da galeria.

A larva do *D. abderus* pode ser confundida com a larva do coró-da-palha, *Bothynus* sp., por construir galerias e por semelhanças morfológicas (tamanho, aspecto geral etc). As larvas de *Bothynus* sp., porém, apresentam o comportamento típico e peculiar de, na superfície do solo, locomoverem-se de costas contorcendo o corpo, arrastando-se com as pernas para cima, o que as distingue do coró-das-pastagens (Salvadori & Oliveira 2001).

No Brasil, há vários outros exemplos de espécies que ocorrem como pragas no sistema de produção da grãos, sendo que a maioria delas não constrói galerias permanentes no solo e é, preferencialmente ou obrigatoriamente, rizófagas.

O complexo de corós pragas inclui vários gêneros, como o coró-do-trigo, *Phyllophaga triticiphaga*, que ocorre, como praga, em lavouras no norte do Rio Grande do Sul. A espécie ocorre tanto em solos sob sistema convencional de preparo como sob plantio direto e ataca, principalmente, trigo e outros cereais de inverno. No entanto, plantas cultivadas, como soja, milho, trigo mourisco, colza, tremoço, azevém, ervilhaca etc. e plantas da vegetação espontânea também são hospedeiras (Salvadori 2000).

O coró-da-soja, *P. cuyabana*, também ocorre tanto em sistemas de plantio direto quanto de manejo convencional do solo, tendo sido regis-

trada como praga no Paraná e em Mato Grosso do Sul causando danos à lavouras de soja, milho e girassol (Oliveira et al. 1997, publicação de girassol).

Outras gêneros rizófagos que não constróem galerias são relatados como praga no Brasil. Larvas de *Lyogenis* sp. têm causado danos em soja, milho, sorgo e girassol em Goiás e Mato Grosso do Sul (Ávila & Gomez 2001, Salvadori & Oliveira 2001). Espécies do gênero *Plectris* também têm causado danos à soja e milho safrinha no Norte do Paraná (Oliveira 2000).

No México, larvas de *Phyllophaga* spp. consomem raízes de numerosas espécies de gramíneas silvestres e cultivadas, constituindo-se pragas severas de milho, gramados ornamentais, além de plantações de pinho. Os adultos de *Phyllophaga* spp. são considerados desfolhadores importantes de diversas plantas frutíferas (Morón 1986; Morón 1988).

O coró-pequeno (*Cyclocephala flavipennis*) tem sido encontrado de forma abundante e largamente distribuído em lavouras na região norte do Rio Grande do Sul. Apesar de, em provas de laboratório, consumir raízes de trigo e danificar severamente as plantas, em condições de lavoura, sob plantio direto, não causa danos perceptíveis, mesmo em populações elevadas. Essa situação foi comprovada experimentalmente por Salvadori (1998), em condições de campo. Possivelmente, essa espécie de hábito alimentar facultativo, tenha preferência por matéria orgânica em decomposição e apresente baixo potencial de consumo.

As larvas de *Cyclocephala* spp. têm características morfológicas semelhantes às de *Phyllophaga* spp, mas a diferenciação a campo pode ser feita através das características de distribuição de espinhos e cerdas na parte ventral do último segmento abdominal (Gassen 1989).

Portanto, os corós rizófagos tendem a atingir o nível de praga, principalmente, em situações onde a diversidade de espécies no solo diminui, favorecendo a predominância e aumento populacional de espécies rizófagas (estritas ou facultativas), em épocas que as larvas maiores

ocorrem em sincronia com os estádios mais suscetíveis das plantas. Além disso, condições ambientais adversas podem contribuir para diminuir a tolerância das plantas ao dano ou levar larvas de espécies preferencialmente saprófagas a usar material vegetal fresco como substrato alimentar.

Referências

- ÁVILA, C.J.; GOMEZ, S.A. Ocorrência de pragas de solo no estado de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.36-41 (Embrapa Soja, Documentos, 172).
- BROWN, G.G.; ALBERTON, O.; BRANDÃO JR., O; SARIDAKIS, G. P.; TORRES, E. Número e volume dos buracos de corós (Scarabaeidae) em plantio direto e convencional na Embrapa Soja In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.212-216. (Embrapa Soja. Documentos, 172).
- GASSEN, D. N. Benefícios de escarabeídeos em lavouras sob plantio direto. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE SCARABAEIDOLOGIA, 4., 1999, Viçosa. Memórias... Londrina: Embrapa Soja; Passo Fundo: Embrapa Trigo; Viçosa: UFV, 1999. p. 123-132. (Embrapa Soja. Documentos, 126). (Embrapa Trigo. Documentos, 3)
- GASSEN, D. N. Insetos prejudiciais à cultura do sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1989. 49p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 13).
- GASSEN, D.N. Corós associados ao sistema plantio direto. In: EMBRAPA-CNPT. FUNDACEP FECOTRIGO. Fundação ABC. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.141-149.
- GASSEN, D.N.; KOCHHANN, R.A. *Diloboderus aderus*: benefícios de uma praga subterrânea no sistema plantio. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, PONTA Grossa, PR. Anais. Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p. 101-107.

GASSEN, D.N.; KOCHHANN, R.A.; SCHNEIDER, S. Benefícios da presença de *Diloboderus aderus* em lavouras sob sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 4., 1993, Passo Fundo, RS. Anais. Passo Fundo, RS: EMBRAPA/SEB, 1993. p. 152-154.

MORÓN, M.A. Los insectos como reguladores del suelo en los agroecosistemas. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.45-57. (Embrapa Soja. Documentos, 172).

MORÓN, M.A. La diversidad de coleópteros Scarabaeoidea o Lamellicornia en Brasil, y su repercusión en el complejo de plagas subterráneas. Xalapa, Vera Cruz, México: Instituto de Ecología. 1999. 4p.

MORÓN, M.A. Los Coleoptera Melolonthidae edafícolas en America Latina. Puebla: DICA-IC/ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla/ Sociedad Mexicana de Entomología. 1996. 180 p.

MORÓN, M.A. Los estados inmaduros de *Dynastes hyllus* Chevrolat (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae) con observaciones sobre su biología y el crecimiento alométrico del imago. Foila Entomologica Mexicana (72):33-74. 1987.

MORÓN, M.A. El género *Phyllophaga* en Mexico; morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Mexico: Instituto de Ecología, 1986. 344p. (Publicación, 19).

MORÓN, M.A. Fauna de coleopteros Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae de la región de Chamela, Jalisco, Mexico. Folia Entomológica Mexicana, n.77, p. 313-378. 1988.

MORÓN, M.A.; RATCLIFFE, B. C.; DELOYA, C. **Atlas de los Escarabajos de Mexico**. Xalapa, Mexico: Sociedade Mexicana de Entomología / CONABIO, 1997. 280 p.

OLIVEIRA, L.J.; GARCIA, M.A.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SOSA-GOMEZ, D.R.; FARIAS, J.R.B.; CORSO, I.C. Coró-da-soja *Phyllophaga cuyabana*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 30 p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 20).

OLIVEIRA, L.J. Ecologia comportamental e de interações com plantas hospedeiras em *Phyllophaga cuyabana* (Moser) (Coleoptera: Melolonthidae, Melolonthinae) e implicações para o seu manejo em cultura de soja. UNICAMP, Campinas: UNICAMP, 1997. 148p. (Tese Doutorado).

OLIVEIRA, L.J. Manejo das principais pragas das raízes da soja. In: CÂMARA, G. M. de Sousa (ed.) Soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p.153-178.

SALVADORI, J.R. Coró-do-trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 56 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 17).

SALVADORI, J.R. Ciclo biológico do coró-do-trigo *Phyllophaga* sp. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria, RS. Anais e ata... Santa Maria: UFSM, 1998. p.128-129.

SALVADORI, J.R., OLIVEIRA, L.J. Manejo de corós em lavouras de plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 88p. (Embrapa trigo. Documentos 35).

SILVA, M.T.B. da. Aspectos biológicos, danos e controle de *Diloboderus abderus* Sturm (Coleoptera: Melolonthidae) em plantio direto. Santa Maria: UFSM, 1995. 76p. Tese de Mestrado.

TORRES, C.; ALVARADO, L.; SENIGAGLIESI, C.; ROSSI, R.; TEJO, H. Oviposición de *Diloboderus abderus* (Sturm) en relación a la roturación del suelo. IDIA, p. 124-125, 1976.

Diversidad de macroinvertebrados del suelo en sistemas de producción de forraje

Marco Ciau-Villanueva¹; Francisco Bautista-Zúñiga¹;
Víctor Parra-Tabla²; George Brown³

Introducción

En Latinoamérica la deforestación es un problema de grandes dimensiones, generalmente asociada a actividades agrícolas, forestales y, principalmente, ganaderas. Además la ganadería extensiva ha tenido un bajo impacto en el mejoramiento de las comunidades campesinas de la región (Ku et al., 1999). La sustitución de las selvas por pasto implica la pérdida de materia orgánica del suelo, disminución de los cationes intercambiables, pérdida de la biodiversidad de la fauna edáfica (Brown et al., 2001a) y compactación del suelo (Mendoza et al., 1999; Senapati et al., 2002)..

En particular, en las selvas bajas y medianas de Yucatán, México en los pastizales con *Panicum maximum* (Jacq. Geisebach 1896) se invierte una gran cantidad de esfuerzo y recursos económicos en su establecimiento y mantenimiento (control de las arvenses, fertilización y riego). A medida que avanza la degradación del suelo la inversión en el mantenimiento del pastizal es mayor. La degradación de los pastizales sólo se resuelve temporalmente con su abandono y con la apertura de nuevas tierras para pastos.

Por otro lado, a nivel internacional, se ha generado una gran cantidad de información alrededor de los sistemas silvopastoriles, que son una

¹ Departamento de manejo y conservación de recursos naturales tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).

² Departamento de Ecología, CCBA, UADY.

³ Embrapa Soja, Londrina, Paraná, Brasil.

combinación y asociación de árboles y arbustos junto con pastos u otras plantas herbáceas para el consumo del ganado herbívoro (Ku et al., 1999). Estos sistemas pueden ayudar a mantener la calidad del suelo por adición y transformación de nutrientes, disminución de la pérdida de suelo por agua y viento, mejoras en la porosidad y la densidad aparente, creación de un microclima favorable para los organismos del suelo y obtención de beneficios complementares, como postes, madera, leña, frutos y forraje, entre otros (Nair, 1997; Tian et al., 2000).

En Yucatán comienza a realizarse investigación con los sistemas silvopastoriles en torno al establecimiento con base en la vegetación nativa, encontrando que la productividad, con base en la ganancia de peso de becerros en crecimiento (950 g día^{-1}), es la misma que la de un pastizal; sin embargo, no se han realizado evaluaciones de tipo biológico/ambiental de estos sistemas. De acuerdo con Brown (2001) y CONABIO (2002) no hay estudios de referencia sobre la fauna del suelo para el estado de Yucatán.

Los macroinvertebrados del suelo han sido utilizados para evaluar los cambios la calidad del suelo en el corto plazo ya sea en sistemas naturales o manejados (Paoletti et al., 1991; Pankhurst et al., 1997), debido a que la degradación física y química del suelo esta relacionada con la disminución de las poblaciones de macroinvertebrados edafícolas (Fragoso et al., 1999).

La utilización de los macroinvertebrados para evaluar los cambios biológicos en el suelo por causas de perturbación, relacionada con el manejo agropecuario y forestal, puede arrojar información acerca de: a) Estrategias de manejo de las especies o grupos claves; b) Identificación de organismos potencialmente plagas; c) Identificación de los grupos más afectados por la perturbación (Paoletti et al., 1991; Barois et al., 1999; Blanchart et al., 1999; Brown et al., 2001a; Rojas, 2001).

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la diversidad, densidad y biomasa de los macroinvertebrados del suelo en un gradiente de perturbación del suelo (Selva < Sistema silvopastoril < Pastizal de

reciente establecimiento < Pastizal viejo), así como la identificación de los grupos de macroinvertebrados edáficos afectados por la conversión de la selva mediana en sistemas de producción de forraje en la península de Yucatán, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se localiza al sur del estado de Yucatán a 20° 1' 18'' LN y 89° 5' 27'' LO, con una elevación de 80 msnm (Figura 1). El clima es Aw1 (Orellana et al., 1999). La zona de estudio se encuentra en una llanura ondulada dentro del karst maduro. La catena presenta Leptosoles en la parte más alta, pasando por Cambisol en el piedemontículo y Luvisol ródico en la parte baja o planicie que es la forma del relieve dominante. La vegetación esta compuesta por selva mediana subperennifolia. Las especies comunes reportadas para el área de estudio son: *Bauhinia divaricata* (L., 1753); *Piscidia piscipula* (L. Sarg 1891); *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq. Geisebach 1896); *Acacia pennatula* (Schlech & Benth 1842); *Leucaena leucocephala* (Lam Dwitt 1822); *Croton flavens* (L. 1825); *Bursera simaruba* (L. Sarg 1890); *Guazuma ulmifolia* (Lam. 1789); *Guettarda combsii* (Urban, 1909); *Vitex gaumeri* (Greenman., 1930); *Pithecellobium mangense* (Jacq. y Mc Bride, 1922); *Caesalpinia gaumeri* (Greenman, 1912); *Caesalpinia yucatanensis* (Greenman, 1907) y *Gymnopodium floribundum* (Rolfe, 1901) (Novelo-Chan et al., 2001).

Diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Sistema silvopastoril (SSP); 2) Pastizal de 0 años (PO); 3) Pastizal de 16 años (P16); y 4) Selva de más de 20 años (control), todos ellos con una extensión de 12 ha y localizados de manera contigua la Selva-Sistema silvopastoril-PO. El P16 se encontraba a 200 m de distancia del PO. El establecimiento del pastizal reciente se llevó al cabo mediante la manera tradicional con roza,

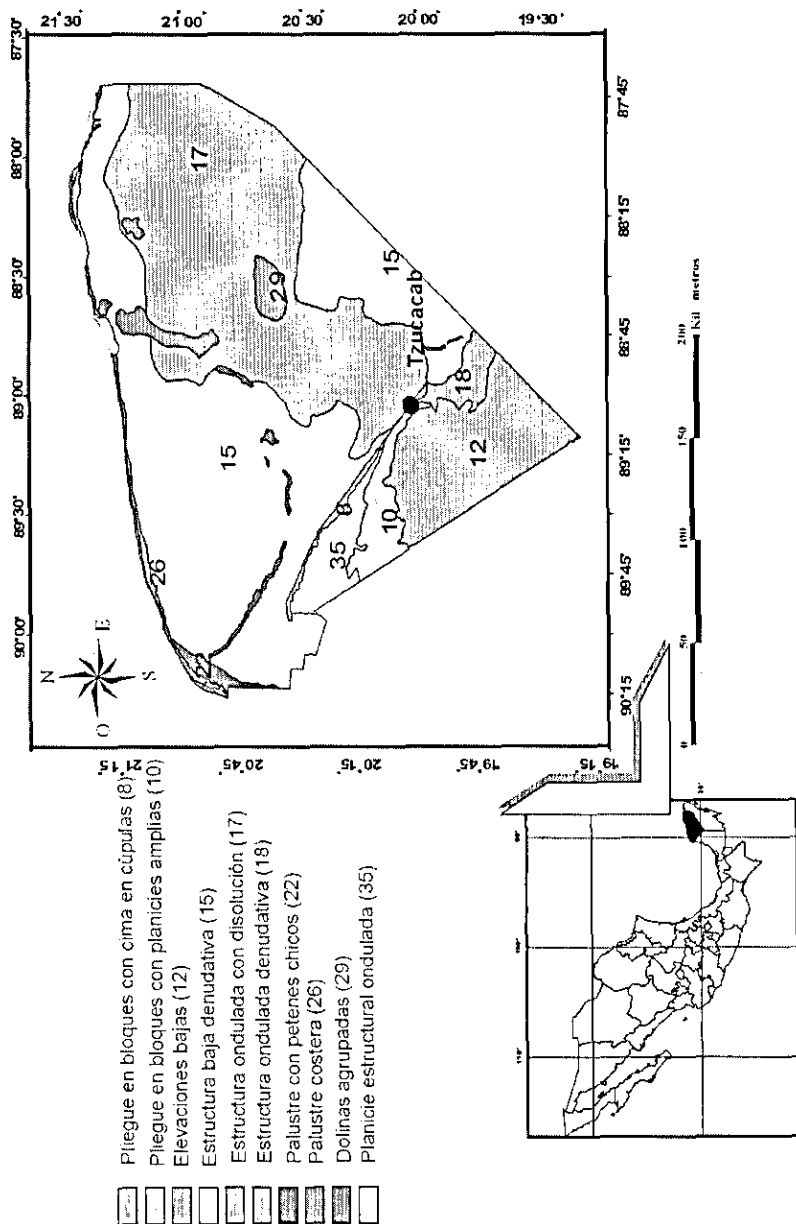


FIG. 1. Mapa de localização del área de estudio.

tumba y quema (RTQ), cortando primero la hierbas (Rosa), posteriormente se cortaron los árboles (Tumba) a ras de suelo y una vez secado el material vegetal, se procedió a la quema. En el establecimiento del SSP, se realizó una poda selectiva con la cual se eliminaron los árboles y arbustos espinosos, así como la vegetación con diámetro a la altura del pecho (DAP) menor que 3 cm. Las plantas con un DAP entre 3 y 10 cm se podaron a una altura de un metro con el fin de estimular el rebrote que serviría de forraje. Los árboles de diámetro mayor de 10 cm a la altura del pecho se dejaron para generar sombra. No se realizó la quema y los restos de los árboles se dejaron en el sitio para enriquecer el suelo.

La selva tenía vegetación de 20 años y estaba localizada a un lado del SSP. El pastizal de 16 años de uso se estableció de manera tradicional con RTQ.

Colecta, preservación e identificación de macroinvertebrados

Los muestreos de macroinvertebrados se realizaron en la época seca (febrero) y al inicio de la época de lluvia (Mayo). Se realizaron seis monolitos por tratamiento, los puntos de muestreo se seleccionaron al azar al interior de los manchones de suelos de mayor representatividad. Los monolitos se realizaron en suelos de la unidad Luvisol ródico. Para la extracción del monolito se utilizó una cuadrícula de 25 cm por lado, considerando una profundidad de 30 cm, los monolitos estuvieron separados entre sí por 5 m como mínimo. Se realizó una revisión por tres estratos de cada monolito de suelo, 0 a 10 cm, 10 a 20 cm y 20 a 30 cm de profundidad, con el fin de conocer la distribución a lo largo del perfil (Anderson e Ingram, 1993).

La colecta de los ejemplares se realizó por medio del método recomendado por el programa TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) (Anderson & Ingram, 1993). Se colectaron todos los macroinvertebrados (tamaño del cuerpo > 2 mm) que estuvieran vivos al momento de la colecta, se utilizaron pinzas entomológicas, espátulas pequeñas, un aspirador manual o a mano según el caso.

Los organismos colectados se separaron por sitio de colecta, monolito y fecha. Los artrópodos se fijaron en alcohol etílico al 70% y las lombrices se fijaron con formalina al 4% (Anderson e Ingram, 1993). Los organismos de cada unidad experimental se identificaron, separaron y agruparon por morfoespecie (Borror et al., 1982; Eisenbeis y Wichard, 1987; Alvarez, 1992; Mille et al., 1993; Vázquez, 1999). El concepto de morfoespecies fue considerada como la unidad taxonómica por abajo del nivel de clase que presente diferencias morfológicas conspicuas con respecto a otras (Villalobos et al., 2000).

Los grupos taxonómicos formados fueron: Arachnida, Coleoptera, Diplura, Hymenoptera, Isoptera, Myriapoda, Blattaria, Crustaceae, Coleoptera y "otros" que fue un grupo artificial formado con organismos que fueron minoría. Para cada grupo y morfoespecie se midió la abundancia y la biomasa en peso fresco.

Diversidad de morfoespecies

Con base en las morfoespecies por tratamiento, se calcularon los índices de riqueza de morfoespecies (Krebs, 1989), índice de diversidad (Plamen et al., 1995), índice de rango abundancia, e índice de similaridad (Feinsinger, 2001).

Para la estimación de la diversidad por morfoespecies únicas mediante la riqueza se utilizó el índice de Jackknife para la estimación del número de morfoespecies en muestreos por cuadrantes con base en las espacialmente raras que solo aparecen en un cuadrante (Krebs, 1989). Se compararon las morfoespecies que aparecían en los monolitos de cada tratamiento y se contaron las morfoespecies que solo se presentaban en un solo monolito dando como resultado el número de morfoespecies raras "K" por tratamiento.

La estimación de la diversidad de morfoespecies de cada ecosistema se realizó con los índices de Shannon-Wiener. Estas operaciones se realizaron con el programa *Biodiv*. Se utilizó la prueba t de Hutchenson para probar si existen diferencias significativas en la diversidad de morfoespecies de macroinvertebrados entre los sistemas muestreados.

Esta prueba compara la diversidad con base en el índice de Shannon-Wiener, y su interpretación es confiable debido a que reduce el sesgo presente en este índice (Plamen et al., 1995; Feinsinger, 2001).

Se analizó la reacción de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados edafícolas con base en los cambios en la abundancia en los tratamientos, en los cuales se tiene una perturbación de acuerdo con la siguiente secuencia: Selva < Sistema silvopastoril < Pastizal 0 < Pastizal 16 (Brown et al., 2001b).

Distribución estacional y vertical

Para evaluar la magnitud de los cambios en la riqueza de morfoespecies de macroinvertebrados del suelo se calculó el índice de similaridad entre tratamientos y entre épocas de muestreo (Feinsinger, 2001).

La comparación de los cambios en abundancia y biomasa por grupos taxonómicos y tratamientos para cada época se realizó mediante un análisis de varianza de una vía y comparación de medias con la prueba de rango múltiple de Duncan, con los datos transformados a $\log + 1$ (SAS, 1985; Montgomery, 1991). El experimento consideró un transecto de seis monolitos ($n=6$) dentro del mismo tratamiento, lo cual restringe el alcance de los resultados a una comparación gruesa entre tratamientos.

La actividad de los grupos taxonómicos por estrato y tratamiento, se estudió con un análisis cualitativo mediante de la abundancia y biomasa.

Resultados

Diversidad de morfoespecies

En total y considerando las dos épocas estudiadas, la Selva y el SSP presentaron 74 morfoespecies, 46 el P0 y 36 el P16. En cuanto a morfoespecies únicas por tratamiento la Selva presentó 28, el SSP 22, el P0 17 y el P16 siete. El SSP presentó 43 morfoespecies comunes a

la Selva, mientras que el P0 23 y el P16 25. Al comparar las morfoespecies únicas con el número de especies colectadas se observó que la riqueza estimada en todos los casos fue mayor que las morfoespecies colectadas, siendo en algunos de casi el doble.

El índice de Shannon-Wiener (H') sugiere que la Selva y el SSP fueron los más diversos en la época seca, mientras que en la Selva y P16 fueron los tratamientos más diversos en la época de lluvia; sin embargo, P16 y P0 presentaron los menores valores de morfoespecies colectadas y únicas, así como valores bajos en la riqueza de morfoespecies (Cuadro 1). De manera global, los tratamientos con mayor diversidad fueron la Selva y el SSP (Cuadro 2).

Las curvas de rango abundancia (Figura 2) indican que en la época de seca, en los tratamientos Selva, SSP, P0 y P16 hay 4, 5, 3 y 1 morfoespecies que predominan, respectivamente. En la época de lluvia, el SSP, P0 y P16 presentaron 1, 2 y 4 morfoespecies dominantes, respectivamente.

CUADRO 1. Biodiversidad de morfoespecies por tratamientos.

	Selva	SSP	P0	P16
Época de seca				
Morfoespecies colectadas	52	42	37	21
Riqueza estimada	77	68	60	34
Morfoespecies únicas	31	32	28	16
Índice de diversidad H'	2.14 ^b	2.46 ^a	2.02 ^b	1.86 ^b
Época de lluvia				
Morfoespecies colectadas	40	55	19	21
Riqueza estimada	60	82	28	32
Morfoespecies únicas	25	33	11	14
Índice de diversidad H'	3.04 ^a	1.63 ^b	0.96 ^c	1.96 ^c

Los datos de H' están en logaritmo base e. Letras diferentes indican diferencias significativas. Selva = Selva mediana subperenifolia; SSP = Sistema silvopastoril; P0 = Pastizal de reciente establecimiento; P16 = Pastizal de 16 años de uso.

CUADRO 2. Grupos taxonómicos de macroinvertebrados del suelo por tratamiento.

	Selva		SSP		P0		P16	
	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)
Arachnida	211	0.5264	171	1.1139	80	0.0976	27	0.0077
Coleoptera	32	0.1987	37	0.2925	61	0.8923	21	0.1931
Diplura	85	0.1299	67	0.0675	43	0.0253	37	0.0224
Hymenoptera	395	0.5259	435	0.2443	2493	0.8555	227	0.0749
Isopoda	1045	2.4843	1843	1.7669	2728	2.5728	496	0.5155
Myriapoda	56	1.0443	48	0.3837	43	0.3459	27	0.2800
Oligochaeta	5	0.0835	61	1.3061	0	0.0000	16	0.0253
Crustaceae	51	0.1771	101	1.4899	5	0.0304	5	0.0147
Blattaria	11	0.4600	32	0.4432	24	0.0429	0	0.0000
Otros	21	0.0533	24	0.0472	16	0.1157	16	0.0208
Total	1912	5.6832	2819	7.1552	5493	4.9784	872	1.1544

SSP = Silvopastoril; P0 = pastizal de cero años; P16 = pastizal de 16 años; Ind = Individuos.

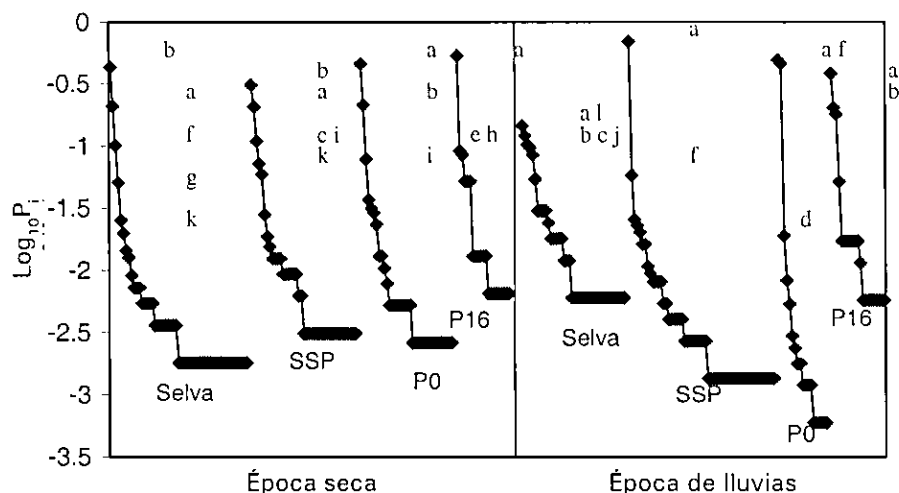


FIG. 2. Curvas de Rango-abundancia en las que cada punto representa una morfoespecie. Tratamientos: Selva; SSP = Sistemas silvopastoril; P0 = Pastizal de cero años; y P16 = Pastizal de 16 años.

Macroinvertebrados del suelo por tratamiento y grupo taxonómico

En general y considerando los seis monolitos y los cuatro tratamientos, se encontraron 125 morfoespecies de macroinvertebrados edáficos de los cuales 74 pertenecían a la clase Insecta, 33 correspondían a Arachnida, 11 de Myriapoda, tres de Oligoqueta, dos de Nematoda, una de Mollusca y una de Crustacea. Los Ordenes de insectos que se encontraron fueron nueve: Coleoptera, Diplura, Hymenoptera, Isoptera, Orthoptera, Hemiptera, Collembola, Thysanoptera y Embioptera.

En la Selva los grupos taxonómicos que presentan los valores más altos en abundancia son Isoptera, Hymenoptera y Arachnida, en biomasa son Isoptera, Myriapoda y Arachnida. El SSP los tres grupos taxonómicos más abundantes fueron Isoptera > Hymenoptera > Arachnida; sin embargo, los valores más altos de biomasa fueron Isoptera > Crustaceae > Oligochaeta. En P0 los grupos taxonómicos más abundantes fueron Isoptera > Hymenoptera > Arachnida; con respecto a la biomasa, Isoptera e Hymenoptera son los dos grupos dominantes más el grupo

Coleoptera en tercer lugar. En P16 los grupos taxonómicos más abundantes fueron Isoptera > Hymenoptera seguidos de Diplura; sin embargo, de acuerdo con la biomasa, los valores siguen la secuencia Isoptera > Myriapoda > Coleoptera (Cuadro 2).

Los grupos Isoptera e Hymenoptera fueron los más abundantes en todos los tratamientos, en primero y segundo lugar, respectivamente. La suma de la abundancia de ambos grupos es del 75% en la Selva, 81% en SSP, 96% en P0 y 83% en P16. En cuanto a la biomasa, el grupo Isoptera fue el de mayor valor, seguido de Myriapoda en la Selva y P16, Oligochaeta en SSP y Coleoptera en P0.

Respuestas de los grupos taxonómicos al disturbio

Los grupos Isoptera e Hymenoptera se comportaron de forma temporal de acuerdo con el modelo de Brown et al., (2001), en el que los organismos temporales aumentan por un tiempo, pero después llegan a los valores iniciales e incluso por debajo de ellos.

Coleoptera y Blattaria también se comportan como temporales; sin embargo, los dos primeros grupos presentaron una mayor abundancia en los tratamientos de disturbio reciente, como el SSP y el P0. Por el contrario, Coleoptera y Blattaria presentaron ligeras fluctuaciones (Figura 3).

Los grupos Arácnida, Diplura, Myriapoda y Crustaceae se comportaron como susceptibles al disturbio, siendo el comportamiento más evidente en Arácnida y Diplura.

Considerando la biomasa de los grupos por tratamiento (Figura 4), se observa que el SSP ocasionó incrementos de 112%, 1465%, y 714% en Arácnida, Oligochaeta y Crustaceae, respectivamente. En total, comparando con la Selva, el SSP presentó un incremento de biomasa del 26%.

El P0 generó incrementos en la biomasa de Coleoptera (349%) e Hymenoptera (63%).

Con excepción de Coleoptera, en el P16 los demás grupos taxonómicos de macroinvertebrados del suelo se vieron fuertemente disminuidos en su biomasa, con respecto a la Selva.

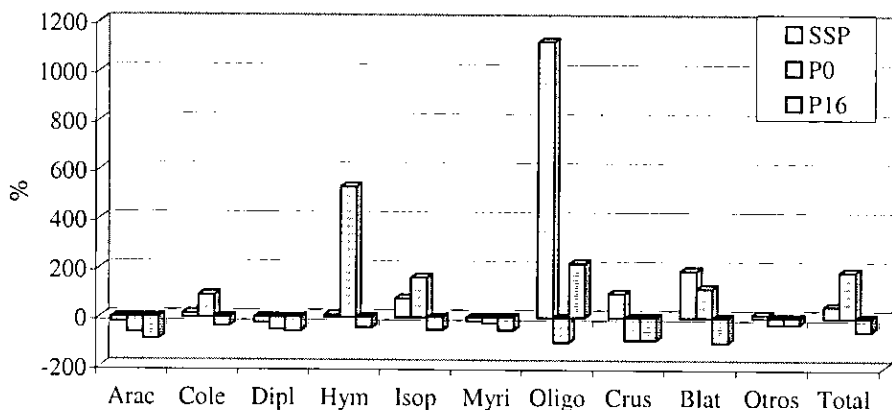


FIG. 3. Incrementos relativos en la abundancia de macroinvertebrados del suelo por grupo taxonómico. T = temporal; S = Susceptible. Arac = Arachnida, Cole = Coleoptera, Dipl = Diplura, Hym = Hymenoptera, Isop = Isoptera, Myr = Myriapoda, Oligo = Oligochaeta, Crus = Crustaceae, Blat = Blataria.

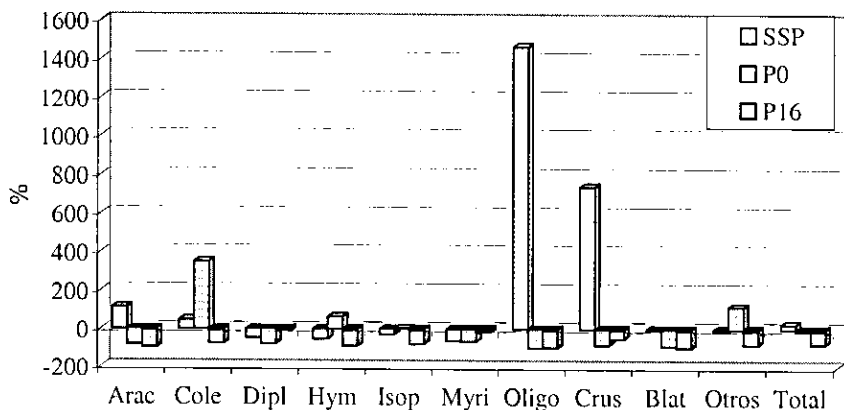


FIG. 4. Incrementos relativos en la biomasa de macroinvertebrados del suelo por grupo taxonómico. T = temporal, Arac = Arachnida, Cole = Coleoptera, Dipl = Diplura, Hym = Hymenoptera, Isop = Isoptera, Myr = Myriapoda, Oligo = Oligochaeta, Crus = Crustaceae, Blat = Blataria.

Distribución estacional

En la época de seca, los porcentajes de similaridad fueron más altos que en la época de lluvia. En la época de lluvia, los tratamientos más similares fueron SSP y P0 con 53%, los más deferentes fueron la Selva y P0 con 18% (Cuadro 3).

CUADRO 3. Similitud entre los tratamientos para cada época.

Comparaciones	Similitud (%)	
	En época de seca	En época de lluvia
Selva vs SSP	65	31
Selva vs P0	49	18
Selva vs P16	36	40
SSP vs P0	59	53
SSP vs P16	31	49
P0 vs P16	55	40

Las variaciones entre épocas del año son una clara manifestación de la dependencia de los macroinvertebrados edáficos a las condiciones ambientales, como humedad y alimento que se presentan en la selva y en el SSP durante la época de lluvia (Cuadro 4). Los tratamientos Selva y SSP fueron los de mayor cambio entre épocas (Cuadro 4).

CUADRO 4. Similitud entre las épocas de muestreo por tratamiento.

Tratamientos	Similitud (%)
Selva época de seca vs época de lluvia	37
Silvopastoril época de seca vs época de lluvia	34
P0 época de seca vs época de lluvia	48
P16 la época de seca vs época de lluvia	47

Cambios en los grupo taxonómicos por épocas

En general el análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas sólo en algunos grupos a pesar de las diferencias tan grandes en términos absolutos y relativos, debido a la gran variabilidad encontrada a pesar de utilizar la metodología que se recomienda para este tipo de estudios.

Durante la época de seca, los grupos Myriapoda y Crustaceae fueron los que presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos, siendo la Selva y SSP los tratamientos de mayor abundancia. Isoptera e Hymenoptera son los grupos de mayor abundancia relativa en todos los tratamientos. Oligochaeta no se registró en ningún tratamiento (Cuadro 5). Arachnida presentó diferencias ($p < 0.05$) en biomasa entre tratamientos, siendo SSP el de mayor valor. Arachnida ocupó el primer lugar en biomasa relativa al interior del SSP. Coleoptera ocupó el segundo lugar en biomasa relativa en ambos pastizales (Cuadro 6).

En la época de lluvia, Arachnida presentó el mayor valor de abundancia en Selva, en comparación con ambos pastizales, el SSP ocupó una posición intermedia. Oligochaeta y Crustaceae presentaron los valores más altos de abundancia en SSP. Además Oligochaeta no se registro en el P0. Con respecto a la biomasa, en Selva los grupos dominantes fueron Arachnida, Blattaria y Myriapoda; en SSP Oligochaeta, Isoptera y Blattaria; en P0 Isoptera, Hymenoptera y Myriapoda; y en P16 Isoptera, Myriapoda y Oligochaeta.

La densidad en todos los tratamientos aumentó en la época de lluvia excepto para la Selva. Sin embargo, la Selva presentó una distribución de los recursos más equitativa entre grupos taxonómicos al presentar la mayor diversidad de morfoespecies.

CUADRO 5. Abundancia absoluta (individuos m⁻²) y relativa (%) de macroinvertebrados por tratamiento, época y grupo taxonómico.

	Selva	Silvopastoril	Pastizal	
			0 años	16 años
Época de seca				
Arachnida	14a (6%)	12a (9%)	4a (3%)	3a (4%)
Coleoptera	4a (2%)	3a (2%)	10a (6%)	3a (4%)
Diplura	4a (2%)	3a (2%)	3a (2%)	1a (2%)
Hymenoptera	52a (20%)	36a (30%)	33a (19%)	20a (29%)
Isoptera	156a (63%)	73a (50%)	113a (66%)	40a (58%)
Myriapoda	5a (2%)	4a b (3%)	1 b (1%)	1 b (1%)
Otros	2a (1%)	2a (1%)	1a (1%)	0
Oligochaeta	0	0	0	0
Crustaceae	6a (3%)	8a (6%)	0.4 b (0%)	1 b (0%)
Blattaria	1a (1%)	2a (2%)	3a (0%)	0
Total	245	143	170	69
Época de lluvia				
Arachnida	21a (29%)	17a b (5%)	9 b (1%)	2 c (2%)
Coleoptera	0.9a (1%)	4a (1%)	2a (0%)	1a (2%)
Diplura	10a (14%)	8a (3%)	4a (1%)	5a (6%)
Hymenoptera	14a (19%)	37a (11%)	381a (51%)	17a (23%)
Isoptera	18a (25%)	234a (71%)	341a (46%)	43a (56%)
Myriapoda	4a (5%)	4a (1%)	6a (1%)	4a (5%)
Otros	1.3a (2%)	4a (1%)	2a (0%)	3a (3%)
Oligochaeta	0.9 b (1%)	10a (3%)	0	4 b (3%)
Crustaceae	2.2 b (3%)	9a (3%)	0.4 b (0%)	0
Blattaria	0.4a (1%)	2a (1%)	1a (0%)	0
Total	74	329	745	78

Letras diferentes entre columnas indican diferencias ($p = 0.05$) según la prueba de rango múltiple de Duncan. $n = 6$ para cada tratamiento. El ANDEVA se realizó con valores transformados $\log+1$.

CUADRO 6. Biomasa absoluta (g m⁻²) y relativa (%) de macroinvertebrados por tratamiento, época y grupo taxonómico.

	Selva	Silvopastoril	Pastizal	
			0 años	16 años
Época de seca				
Arachnida	0.02 b (5%)	0.17 a (41%)	0.01 b (3%)	0
Coleoptera	0.03 a (8%)	0.03 a (8%)	0.14 a (35%)	0.03 a (35%)
Diplura	0.01 a (2%)	0	0	0
Hymenoptera	0.06 a (14%)	0.01 a (2%)	0.05 a (13%)	0.01 a (14%)
Isoptera	0.13 a (31%)	0.1 a (24%)	0.14 a (36%)	0.04 a (44%)
Myriapoda	0.13 a (31%)	0.06 a (14%)	0.01 a (4%)	0.001 a (1%)
Otros	0.01 a (1%)	0.01 a (1%)	0.02 a (6%)	0
Oligochaeta	0	0	0	0
Crustaceae	0.02 a (6%)	0.03 a (7%)	0	0
Blattaria	0.01 a (2%)	0 a (2%)	0.01 a (2%)	0
Total	0.42	0.41	0.38	0
Época de lluvia				
Arachnida	0.07 a (23%)	0.02 b (2%)	0 b (1%)	0
Coleoptera	0 a (1%)	0.02 a (3%)	0.15 a (0%)	0 a (3%)
Diplura	0.01 a (5%)	0.01 a b (1%)	0	0 b (2%)
Hymenoptera	0.03 a (11%)	0.03 a (5%)	0.09 a (20%)	0 a (1%)
Isoptera	0.03 a (11%)	0.2 a (34%)	0.29 a (65%)	0.05 a (45%)
Myriapoda	0.05 a (18%)	0.01 a (1%)	0.04 a (10%)	0.05 a (42%)
Otros	0 a (1%)	0.01 a (1%)	0.02 a (4%)	0.02 a (3%)
Oligochaeta	0.01 b (5%)	0.22 a (38%)	0	0 b (4%)
Crustaceae	0.01 a b (2%)	0.03 a (4%)	0	0
Blattaria	0.07 a (23%)	0.01 a (11%)	0	0
Total	0.28	0.56	0.59	0.12

Las letras diferentes entre columnas indican diferencias ($p = 0.05$) según la prueba de rango múltiple de Duncan. $n=6$ para cada tratamiento. El ANDEVA se realizó con valores transformado $\log+1$.

Distribución vertical

Los macroinvertebrados del suelo disminuyen en abundancia y biomasa con respecto a la profundidad (Cuadro 7). Se encontró que la abundancia en el estrato 0 a 10 cm fue de 65, 79, 92 y 83% para Selva, SSP, P0 y P16, respectivamente, siendo la Selva el tratamiento en el que los macroinvertebrados se encuentran mejor distribuidos o menos concentrados en la superficie. Los pastizales presentan los menores valores de abundancia y biomasa en el estrato de mayor profundidad.

En el estrato superficial de 0 a 10 cm de profundidad, el grupo Isóptera domina en abundancia y biomasa en todos los tratamientos. Hymenoptera ocupa el segundo lugar en abundancia en todos los tratamientos; sin embargo, solo en P0 logró alcanzar relevancia el valor de la biomasa relativa de 17%. Arachnida ocupó el tercer grupo de mayor valor de abundancia relativa en todos los tratamientos pero solo en el tratamiento Selva ocupó el tercer lugar relativo de biomasa (9.9%). Crustaceae y Oligochaeta ocuparon el segundo y tercer lugares de importancia relativa en la biomasa en el SSP. Coleoptera fue el segundo y tercer lugar en biomasa en P0 y P16, respectivamente. Myriapoda ocupó el segundo lugar en biomasa en P16.

En el estrato de profundidad entre 10 y 20 cm, Isoptera e Hymenoptera continúan siendo los grupos dominantes en abundancia en todos los tratamientos. Arachnida siguió ocupando el tercer lugar en abundancia en Selva y SSP. En los pastizales Diplura ocupó el tercer lugar en abundancia. Myriapoda ocupó el tercer lugar en biomasa relativa en Selva y P0. Oligochaeta ocupó el primer lugar en biomasa relativa en SSP. Coleoptera fue tercer lugar en biomasa relativa en P16.

En la profundidad entre 20 y 30 cm, Crustaceae no aparece en ningún tratamiento, Coleoptera solo se encontró en Selva, Isoptera no se registro en pastizales y Blattaria se presentó solo en SSP.

CUADRO 7. Distribución espacial de la abundancia (Individuos m⁻²) y biomasa (g m⁻²) de los macroinvertebrados edáficos en tres intervalos de profundidad para cada tratamiento.

	Selva		SSP		P0		P16	
	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)
0 - 10 cm								
Arachnida	179	0.4728	144	1.0517	69	0.0957	24	0.0075
Coleoptera	24	0.1837	32	0.2896	59	0.8885	16	0.1779
Diplura	61	0.1056	48	0.0491	13	0.0048	19	0.0045
Hymenoptera	203	0.2765	411	0.2165	2269	0.7901	171	0.0584
Isoptera	672	2.2032	1395	1.4432	2557	2.4168	448	0.4645
Myriapoda	35	0.8933	32	0.3576	27	0.2712	19	0.2736
Oligochaeta	0	0	48	1.1213	0	0	16	0.0253
Crustaceae	45	0.1635	69	1.4395	5	0.0304	3	0.0085
Blattaria	8	0.4523	24	0.4016	16	0.0344	0	0
Otros	19	0.0501	19	0.0347	3	0.0507	5	0.0011
Total	1245	4.8011	2221	6.4048	5019	4.5827	720	1.0213
10 - 20 cm								
Arachnida	27	0.0421	27	0.0621	8	0.0019	3	0.0003
Coleoptera	5	0.0141	5	0.0029	3	0.0024	5	0.0152
Diplura	19	0.0163	19	0.0184	27	0.0205	19	0.0179
Hymenoptera	171	0.2269	24	0.0277	224	0.0653	37	0.0104
Isoptera	323	0.2571	168	0.1317	171	0.1557	48	0.0509

Continúa...

	Selva		SSP		P0		P16	
	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)	(Ind m ⁻²)	(g m ⁻²)
...Continuación Cuadro 7								
Myriapoda	16	0.1275	16	0.0261	13	0.0747	5	0.0045
Oligochaeta	3	0.0500	8	0.1587	0	0	0	0
Crustaceae	5	0.0136	32	0.0504	0	0	3	0.0061
Blattaria	3	0.0077	5	0.0267	8	0.0085	0	0.0000
Otros	3	0.0032	5	0.0125	13	0.1648	5	0.0133
Total	573	0.7600	309	0.5173	467	0.4939	125	0.1187
20 - 30 cm								
Arachnida	5	0.0115	0	0	3	0.0005	0	0
Coleoptera	3	0.0008	0	0	0	0	0	0
Diplura	5	0.0080	0	0	3	0.0013	0	0
Hymenoptera	21	0.0224	0	0	0	0	19	0.0061
Isoptera	51	0.0240	280	0.1920	0	0	0	0
Myriapoda	5	0.0235	0	0	3	0.0003	3	0.0019
Oligochaeta	3	0.0320	5	0.0261	0	0	0	0
Crustaceae	0	0	0	0	0	0	0	0
Blattaria	0	0	3	0.0149	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	5	0.0064
Total	93	0.1221	288	0.2331	8	0.0021	27	0.0144

Discusión

Diversidad de morfoespecies

Los tratamientos de mayor diversidad son la Selva y SSP. Durante la época de secas el P0 presentó valores de riqueza de morfoespecies, número de morfoespecies colectadas y número de morfoespecies únicas cercanos a Selva y SSP. Sin embargo, en la época de lluvia, el SSP presentó los valores más altos seguido de la selva. Ambos pastizales prestan valores bajos que permiten catalogarlos como de menor diversidad de morfoespecies de macroinvertebrados edafícolas. Estos resultados coinciden con Brown (1997), Altieri (1999) y Brown et al., (2000) que mencionan que ecosistemas menos perturbados presentan mayor diversidad. Los índices de diversidad consideran tanto al número de especies como su representatividad en la muestra, por lo tanto, las comunidades con pocas especies dominantes (muy abundantes) son poco diversos. Sin embargo, los resultados obtenidos en ese estudio mueran no solo que tanto la selva como el sistema silvopastoril tuvieran, en general, una mayor diversidad y mayor riqueza de morfoespecies y especies únicas. También revelan las variaciones importantes entre las épocas del año. Por ejemplo, en términos de similitud ninguno de los tratamientos tuvo un valor porcentual de similitud del 50%. Este resultado sugiere que además de las variaciones debidas al disturbio existe un importante recambio de especies debido probablemente a las condiciones de humedad del suelo, lo cual condiciona no solo los patrones fenológicos de las diferentes especies, sino la disponibilidad de recursos (i.e. alimento) que a su vez incide claramente en su abundancia. Es evidente la necesidad de hacer evaluaciones más precisas de los cambios temporales de la diversidad de macroinvertebrados del suelo y relacionarlos con las diferentes condiciones físicas y químicas del suelo.

Respuesta al disturbio

Los resultados del estudio no muestran la diversidad de respuestas al disturbio de los invertebrados del suelo propuesto por Brown et al.

(1991), tal vez debido a: 1) La agrupación de las diversas morfoespecies en grupos taxonómicos con lo que se enmascara su respuesta al disturbio; 2) La escasez en el número de muestras ($n = 12$); 3) Los cambios estacionales que influyen en el comportamiento (abundancia y biomasa de poblaciones) de los macroinvertebrados del suelo. Sin embargo, este estudio aporta dos consideraciones que deben tenerse en cuenta en la elaboración de los modelos de respuesta al disturbio, con fines de conservación biológica: 1) Los modelos deben realizarse considerando las etapas climáticas de mayor contraste, en este caso se tuvo una situación muy diferente entre épocas de estudio para la mayoría de los grupos taxonómicos estudiados; 2) La intensidad del disturbio también debe incluir las condiciones extremas, en este caso Selva conservada vs Pastizal de 16 años de uso.

Los resultados de este estudio permiten suponer que las especies del grupo Arachnida deben ser estudiadas con mayor detalle debido a que fueron claramente afectadas por la intensidad del disturbio y por ello deben ser consideradas como especies indicadoras del grado de degradación de los agroecosistemas de la región. Los resultados sugieren que a medida que aumenta el disturbio y disminuye la biomasa de macroinvertebrados, las poblaciones de estos organismos depredadores también se encuentran disminuidas.

Los organismos del grupo Crustaceae al parecer se vieron limitados por las condiciones ambientales ya que se encontraron principalmente en la selva y el sistema silvopastoril. Según Rupert y Barnes (1996) estos organismos necesitan condiciones húmedas, son de hábitos nocturnos y en el día se ocultan en la hojarasca, corteza de árboles y piedras. Estas condiciones se presentan en la selva y SSP, además, en los pastizales el suelo estuvo más expuesto a la radiación solar.

En el caso del grupo Isoptera, es posible que el aumento de sus poblaciones en el SSP y el PO se deba a la abundancia de desechos con celulosa y lignina que pueden ser consumidos por los organismos pertenecientes a ese grupo.

Hymenoptera fue catalogada como temporal y estacional debido a la disminución de su abundancia en P16 y al aumento a sus poblaciones en la época de lluvia, sin embargo, los valores altos tanto en abundancia como en biomasa en P0 se debieron principalmente a la especie *Wasmannia auropunctata* que se comportó como oportunista. Rojas (2001) y Mackay y Mackay (2002) reportaron a *W. Aurocpunctata* como una especie vagabunda de amplia distribución, oportunista, invasora y propia de sitios perturbados.

La temporada de muestreo es un aspecto importante a tomar en cuenta ya que solo con dos colectas se tuvo poca información para identificar el comportamiento de la macrofauna a lo largo del año, lo ideal sería la realización de muestreos mensuales, con 12 monolitos como mínimo y registrando factores microambientales tales como: temperatura, humedad, compactación, retención de humedad y análisis químicos del suelo. Esto arrojaría información sobre el ciclo de vida de organismos y ayudaría a explicar las variaciones observadas en los diferentes grupos (Tian et al., 2000). Sin embargo, este trabajo permite tener una idea general del estado de la macrofauna en cada tratamiento y es suficiente para sugerir que existe un efecto importante del tipo de uso del suelo en los patrones de diversidad de los macroinvertebrados del suelo. En particular este es el primer estudio que reporta este efecto en diferentes sistemas de producción de forraje en zonas de cársticas del trópico.

Distribución estacional y vertical

Los porcentajes de similitud son bajos en la mayoría de los tratamientos al compararlos entre si y entre las dos épocas. Solo cuatro comparaciones tuvieron porcentajes de similitud mayores al 50% y ninguna sobrepasó el 66%.

Los resultados muestran que, en la época de lluvia, en SSP y en P0 presentaron valores de mayores de abundancia de macroinvertebrados del suelo, con respecto a la época de seca, debido a la dominancia de Hymenoptera e Isoptera. Por el contrario, la Selva tuvo una abundancia

baja cercana a la de P16; pero según el valor de diversidad de Shannon-Wiener, la Selva presentó la diversidad más alta de todo el estudio y el P0 la diversidad más baja.

El P16 se mantuvo con valores casi constantes en las dos épocas lo cual se explica por la antigüedad que tiene este pastizal y, por lo tanto, las poblaciones de invertebrados ya se estabilizaron para las condiciones de dicho tratamiento, lo que no sucede en el SSP y el P0, que tuvieron mucha variación en el número de morfoespecies y la densidad reportada para la época de seca con respecto a la época de lluvia.

La abundancia de morfoespecies cambió mucho entre épocas, principalmente en la Selva y el SSP tal vez debido a la diversidad de especies herbáceas y la fenología de las especies arbóreas. Los pastizales, por ser monocultivos, cambian menos.

Las morfoespecies del grupo Oligochaeta sólo se presentaron en el inicio de la época de lluvia lo que se explica por un aumento en la precipitación en dicha época, en concordancia con el hecho de que estos organismos se activan al iniciar las lluvias (Reines, et al. 1998; Tian, et al. 2000).

La mayor presencia de la macrofauna se encontró en los primeros estratos principalmente en el de 0-10 cm de profundidad, resultados semejantes encontrados por Villalobos et al., (2000) en un cultivo de maíz. La actividad de los macroinvertebrados del suelo es de suma importancia en los estratos profundos debido a que su actividad disminuye la compactación del suelo que se presenta en los pastizales como producto de la eliminación de los árboles.

Implicaciones agronómicas y de conservación

En el neotrópico, dos restricciones del suelo importantes para su utilización agrícola son la escasa profundidad efectiva y el riesgo de erosión que se presentan en Leptosoles y suelos con pendientes altas (Bautista-Zúñiga et al., 2003). Ambas restricciones pueden disminuirse considerablemente con el uso de la vegetación natural para la producción de forraje.

En el caso de las grandes extensiones de pastizales en los suelos del Neotrópico, se tiene bien entendida la pérdida de la biodiversidad en vertebrados y en la flora, así como en la degradación del suelo. Estos efectos negativos de la producción de forraje por los pastizales, pueden disminuirse de manera considerable con el establecimiento de sistemas pastoriles diseñados con base en la vegetación natural, como en este estudio.

Los sistemas silvopastoriles han probado muchas ventajas ecológicas, económicas y sociales (Blair 1990; Alayón et al., 1994; Gutteridge 1994; Montagnini et al., 1995; Shultz et al., 1995; Ibrahim et al., 1998); sin embargo, la principal desventaja es la adopción, producto de los grandes costos y tiempos de establecimiento que, sin embargo, pueden ser disminuidos con el diseño de sistemas silvopastoriles con base en el conocimiento de la vegetación natural, en términos de identificación de las especies forrajeras, preferencias por el ganado y de la relación suelo-planta.

Conclusiones

Al comparar el impacto que tienen las dos opciones productivas evaluadas (pastizales y SSP) para la ganadería, el SSP es quizá la mejor opción de manejo de la selva mediana subcaducifolia del sur del estado de Yucatán ya que es la que tiene menor impacto negativo en la diversidad de macroinvertebrados del suelo, en comparación con los pastizales; sin embargo, debe seguir realizándose investigación tendiente a evaluar los cambios a largo plazo.

La comunidad de macroinvertebrados del suelo responde fuertemente a los cambios entre las épocas del año estudiadas. En los tratamientos con disturbio reciente, como el SSP y el PO, se incrementa la abundancia y la biomasa de algunos macroinvertebrados del suelo debido a las morfoespecies temporales como de los grupos Isoptera e Hymenoptera.

La actividad de los macroinvertebrados edafícolas se desarrolla principalmente en el estrato de 0 a 10 cm de profundidad seguido del estrato

de 10 a 20 cm. En el estrato de 20 a 30 cm de profundidad la abundancia, el número de morfoespecies y la biomasa disminuyen en todos los tratamientos, acentuándose el efecto en ambos pastizales.

Los grupos taxonómicos que pueden ser utilizados como indicadores del grado de conservación y/o disturbio pueden ser los Arachnida y Diplura, en primer término, seguidas de Myriapoda y Crustaceae. Los grupos temporales fueron: Isoptera e Hymenoptera, en primer grado, seguidas de Coleoptera y Blattaria.

Los sistemas silvopstoriles son una opción para la producción de forraje en el trópico además son de bajo impacto biológico en las comunidades de macroinvertebrados del suelo.

Agradecimientos

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza por el financiamiento del proyecto (B-1-99 / 014). Al Consejo Nacional de ciencia y tecnología por la beca del segundo autor (MCV) y por el financiamiento parcial al proyecto (R-31624-B), Al CYTED por el apoyo económico destinado a la formación de la red de investigadores iberoamericanos en macroinvertebrados suelo y al coordinador de la red el Dr. Carlos Frago.

Referencias

- ÁLVAREZ DEL TORO M. (1992). Arañas de Chiapas, Universidad Autónoma de Chiapas. México. 297 pp.
- ANDERSON, J. M. E INGRAM, J. S. I. (1993). Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. Second edition CAB International. England. 221 pp.
- ALAYÓN, J. A., RAMÍREZ, A. L., AND KÚ. V. J. C. (1998). Intake, rumen digestion and microbial nitrogen supply in Pelibuey sheep feed *Cynodon nlemfuensis* and supplemented with foliage of *Gliricidia sepium*. Agroforestry Systems. 41:115-126.

BAROIS I., LAVELLE, P., BROSSARD M., TONDOH J., MARTINEZ M., ROSSI J. P., SENEPATI B. K., ANGELES A., FRAGOSO C., JIMÉNEZ J. J., DECAËNS T., LATTAUD C., KANYONYO J., BLANCHART E., CHAPUIS L., BROWN G. Y MORENO A. (1999). Ecology of Earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L. AND HENDRIX, W. (Eds). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB International. England. 57-85 pp.

BLAIR, G., CATCHPOOLE, D Y HORNE, P. (1990). Forage tree legumes, their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. *Advances in Agronomy*. 44: 27-75.

BLANCHART E., ALBRECHT A., ALEGRE J., DUBOISSET M., VILLENAVE C., PASHANASI B., LAVELLE P. Y BRUSSAARD L. (1999). Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L. AND HENDRIX, W. (Eds). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB International. England. 149-172 pp.

BORROR D.J., TRIPLEHORN C.A. Y JOHNSON N. F. (1982). An introduction to the study of insects. 6 ed. Saunders College Publishing. 875 pp.

BROWN K.S. (1997). Diversity, disturbance and sustainable use of neotropical forest: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of insect conservation*. 1: 25 – 42.

BROWN G., I. BAROIS Y A. G. MORENO. (2000). Relación entre la fauna edáfica, su biodiversidad, y la producción primaria y el secuestro de C en el suelo: pastizales nativos vs. Introducidos en el estado de Veracruz. Tercer y último Informe Anual. Programa de Cooperación Científica con Iberoamerica. Agencia Española de Cooperación Internacional. Universidad Complutense de Madrid e Instituto de Ecología, A. C., Madrid y Xalapa. 119 pp.

BROWN G., FRAGOSO C., BAROIS I., ROJAS P., PATRÓN J., BUENO J., MORENO A., LAVELLE P., ORDAZ V. Y RODRÍGUEZ C. (2001a). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas

tropicales mexicanos. En: FRAGOSO, C. Y REYES-CASTILLO. Diversidad, función y manejo de la biota edáfica en México. Acta Zoológica Mexicana Número especial, vol. 1:79-110.

BROWN G. G., BENNACK DAN E., MONTAÑEZ A., BRAUN A., BUNNING S. (2001b). Soil Biodiversity Portal. Roma, Italia. FAO, Organización de las Naciones Unidas. (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/manage.htm>).

CONABIO. (2002). Biodiversidad del estado de Yucatán. URL: <http://www.conabio.gob.mx/biodiversidad/yuc.htm?YUCATAN#biodiv>.

EISENBEIS G. Y WICHARD W. (1987). Atlas on the biology of soil arthropods. Springer-Verlag. Berlin. 437 pp.

FEINSINGER P. (2001). Designing field studies for biodiversity conservation. Press The nature conservancy. 131-144.

FLORES J. S., ECHAZARRETA C., DELFÍN H. Y PARRA V. (1995). Diagnóstico del conocimiento y uso de los recursos naturales en el estado de Yucatán. En: DELFÍN H., PARRA V. Y ECHAZARRETA C. Conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán. UADY. México. 121-138 pp.

FRAGOSO C., LAVELLE P., BLANCHART E., SENEPATI B., JIMÉNEZ J., BROSSARD M., MARTINEZ M., DECAËNS T. Y TONDOH J. (1999). Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. p. 27-55 pp In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L. AND HENDRIX, W. (Eds). Earthworm Management in tropical agroecosystems. CAB International. England. 300 pp.

FRAGOSO C. (2001). Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligoqueta): diversidad, ecología y manejo. En: FRAGOSO, C. Y REYES-CASTILLO. Diversidad, función y manejo de la biota edáfica en México. México. Acta Zoológica Mexicana, (n. s.) Número especial 1: 131-171.

GUTTERIDGE, R.C; SHELTON, H.M. (1994). The role of forage Tree Legume in cropping and grassing systems. In: GUTTERIDGE, R.C;

SHELTON, H.M., eds. Forage tree legume in tropical Agriculture. Wallingford, G.M., CAB International. pp. 3-14.

IBRAHÍM, M., CANTO, G. Y CAMERO, A. (1998). Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in cayo. En: M. IBRAHÍM Y J.BEER (eds) Agroforestry prototypes for Belize. Catie/GTZ. Costa Rica. pp 15-39.

KREBS C. J. (1989). Ecological Methodology. Harper Collins College Plublishers. USA. 336-339 pp.

KU J.C., RAMÍREZ L., JIMÉNEZ G., ALAYÓN J.A. Y RAMÍREZ L. (1999). Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: SÁNCHEZ, M. D. Y ROSALES, M. Ed. Agroforestería para la producción animal en América Latina. Roma. FAO. Pp 231 - 250.

MACKAY W.P. Y MACKAY E.E. (2002). Clave de géneros de hormigas en México (Hymenóptera: Formicidae) Department of biological sciencies, Laboratory for Enviromental Biology. The University of Texas p. 51

MÉNDEZ M. J.T. Y EQUIHUA M. A. (2001). Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, Isoptera). En: FRAGOSO, C. Y REYES-CASTILLO. Diversidad, función y manejo de la biota edáfica en México. Acta Zoológica Mexicana Número especial. 1:173-187.

MENDOZA A.S., VILLALOBOS F.J., RUIZ M.L. Y CASTRO A.E. (1999). Patrones ecológicos de los colembolos en el cultivo de maíz en Balun Canal, Chiapas, México. Acta Zoológica Mexicana 78: 83-101

MILLE P.S., PARRA A.M. Y PÉREZ CH.M. (1993). Guía para la identificación de invertebrados. Trillas. México. 465 pp.

MONTAGNINI F., FANZARES A. Y GUIMARAES S. (1995). The potentials of 20 indigenous tree species for soil rehabilitation in the Atlantic forest region of Bahía, Brazil. *Journal of applied ecology*. 32:841-856

MONTGOMERY D. (1991). Diseño y análisis de experimentos. Iberoamericana. México. 589 pp.

- NAIR R. (1997). Agroforestería. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo, México, México. 305-313pp.
- ORELLANA L.R., BALAM K.M., BAÑUELOS R.I., GARCÍA DE MIRANDA E., GONZALEZ-HURBE A. J.A., HERRERA C.F., Y VIDAL L. J. (1999). Capítulo III La conservación y el aprovechamiento del patrimonio natural-Evaluación climática. En: R. GODOY, M. ed. Atlas de procesos territoriales de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán-Facultad de Arquitectura. PROEESA. México 164-166 pp.
- PANKHURST C., DOUBE B. Y GUPTA V. (1997). Biological indicators of soil health: Synthesis. P 419-435. In: PANKHURST, C.; DOUBE B. Y GUPTA. V. (Eds). Biological Indicators of Soil Health. CAB International. England. 451 pp.
- PAOLETTI M.G., FAVRETTO M.R., STINNER B.R., PURRINGTON F.F. Y BATER J.E. (1991). Invertebrates as bioindicators of soil use p. 341-362. In: Crossley, D.; Coleman, D.; Hendrix, P.; Cheng, W.; WRIGTH, D.; BEARE, M.; Y EDWARDS, C. (Eds). Modern Techniques in soil ecology. Elsevier Science Publishing Company. U. S. A. 510 pp.
- PLAMEN V.B. Y LYUBOMIR D.P. (1995). Biodiv, program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap and cluster analysis, version 5.1. Pensoft. Moscow. 57 pp.
- REINES Á.M., RODRÍGUEZ A.C., SIERRA P.A. Y VÁZQUEZ G. M.M. (1998). Lombrices de tierra con valor comercial, biología y técnicas de cultivo. Universidad de Quintana Roo. México. 57 pp.
- ROJAS F. P. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). En: FRAGOSO, C. Y REYES-CASTILLO. Diversidad, función y manejo de la biota edáfica en México. Acta Zoológica Mexicana. (n. s.) Número especial 1:189-238.
- RUPPERT E.E. Y BARNES R.D. (1996). Zoología de invertebrados. 6 edición McGraw-Hill interamericana. México. 1114 pp.
- SAS Institute Inc. (1985). SAS User's Guide: Statistics version 5 Ed.Cary.

SENAPATI B.K., LAVELLE P., PANIGRAHI P.K., GIRI S. Y BROWN G.G. (2002). Restoring soil fertility and enhancing productivity in Indian tea plantations with earthworms and organic fertilizers. <http://www.fao.org/landandwater/agll/soilbiod/highligh.htm>.

SHULTZ S., FAUSTINO J. Y MELGAR D. (1995). Agroforestry and soil conservation: adoption and profitability in El Salvador. *Agroforestry today*, 7(1):16-17.

TIAN G., OLIMAH J.A., ADEOYE G.O. Y KANG B.T. (2000). Regeneration of earthworm populations in a degraded soil by natural and planted fallows under humid tropical conditions. *Soil Science Society American Journal*. 64:222-228

VÁZQUEZ M.M. (1999). Catálogo de los ácaros oribátidos edáficos de Sian Ka'an, Q. Roo, CONABIO-Universidad de Quintana Roo. México. 126 pp.

VILLALOBOS F.J., ORTIZ-PULIDO R., MORENO C., PAVÓN-HERNANDEZ N.P., HERNÁNDEZ-TREJO H., BELLO J. Y MONTIEL S. (2000). Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mays* durante la fase de postcosecha en "La Mancha", Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 80:167-183.

Monitoramento da qualidade de solo hidromórfico através de indicadores biológicos.

Desenvolvimento de protocolo

Júlio José Centeno da Silva¹; Rui Melo de Souza¹; Eracilda Fontanela²; Eduardo Darley Prates³; Ana Cláudia Rodrigues de Lima⁴

Resumo

Este trabalho trata de desenvolver um protocolo de monitoramento da qualidade do solo, através de indicadores biológicos (abundância relativa de minhocas), de fácil entendimento e interpretação por produtores rurais. Foram realizadas amostragens em quatro períodos em 20 ha de pastagem de campo nativo melhorado na planície costeira do Rio Grande do Sul. A coleta de quatro amostras permitiu determinar, com confiabilidade, a densidade populacional de minhocas. Não foi determinada a existência de correlação da população de minhocas com o teor de matéria orgânica do solo.

Palavras-chave: minhocas, indicadores, protocolo, sustentabilidade, qualidade do solo.

Introdução

A qualidade do solo é definida como sendo a sua capacidade de sustentar atividades biológicas que podem ser medidas pela produção de

¹ Pesquisador Ph.D.; Embrapa Clima Temperado; Caixa Postal 403; 96001-970, Pelotas, RS; e-mail: centeno@cpact.embrapa.br

² Estagiária Embrapa Clima Temperado.

³ Estagiário Embrapa Clima Temperado e bolsista Fapergs.

⁴ Estudante de Ph.D Wageningen University and Research Center; e-mail: ana.lima@wur.nl

biomassa (Frigheto & Valarini 2000). Entretanto, modelos agrícolas inadequados podem reduzir a capacidade natural produtiva do solo. Isto requer que novos sistemas de produção sejam construídos para aumentar ou manter a qualidade dos solos hidromórficos. Entretanto, para avaliar o efeito produzido por novos sistemas é preciso desenvolver ou adaptar métodos de monitoramento da qualidade do solo, baseado no conceito de indicadores, de fácil manipulação e interpretação pelos produtores rurais (Silva et al. 2002; Fontanela et al. 2002), o que não existe na região Costeira Sul do Rio Grande do Sul (RS).

Portanto, cabe à pesquisa com base na demanda dos produtores e nos conhecimentos acumulados, desenvolver metodologias de monitoramento da qualidade do solo. Essa metodologia precisa considerar o sistema de produção e seu ambiente, contemplando a época de amostragem e o número de amostras, além do nível atual, o nível natural, o nível crítico e o de nível de intervenção do indicador; assim como, precisa ser conduzida de forma participativa envolvendo produtores e pesquisadores.

O primeiro passo para o estabelecimento da metodologia é a criação de um protocolo de procedimentos a serem seguidos. Por isso, este trabalho trata de uma experiência pioneira envolvendo a ação de produtores da Planície Costeira do RS (Figura 1) e de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, visando testar a validade de um protocolo de monitoramento da qualidade do solo.

Foi definido que o sistema de produção “campo nativo melhorado”, apresentava condições ideais para lançar as bases metodológicas. Finalmente, a densidade relativa da população de minhocas foi escolhida como indicador. As minhocas possuem algumas das características desejáveis de um indicador, tais como: de fácil entendimento pelos produtores que as reconhecem como sinônimo de qualidade do solo, é de fácil visualização e contagem, baixo custo para amostragem, sendo que a pesquisa, conforme Brussaard et al. (2002), tem demonstrado sua vinculação à qualidade do solo.

No entanto, procedimentos tradicionais envolvendo a amostragem de minhocas orientam para a coleta de elevado número de amostras para se obter confiabilidade nos resultados, acarretando aumento de custos e tempo de amostragem, o que dificulta a aceitação pelos produtores rurais. Logo, este trabalho, tem também, como um de seus objetivos, a redução do número de amostras, resguardando o rigor científico. Mas, ele deve ser entendido como um estudo de caso que visa validar um protocolo de atividades a ser seguido na busca de indicadores de qualidade do solo, independente do elemento indicador, local e sistema de produção.

Material e métodos

As amostras foram realizadas em quatro diferentes períodos (17/12/01; 15/06/02; 23/10/02; 13/12/02), em 20ha de campo nativo melhorado, planossolo hidromórfico, dividido em 45 piquetes de aproximadamente 0,44ha, no município de Rio Grande, RS. Em cada piquete foram coletadas duas amostras (2 litros cada uma), em sentido diagonal $\frac{3}{4}$ a 20 e 40 metros do vértice (Figura 1), a uma profundidade de 20cm, nas quais foram verificados o número de minhocas e o teor de matéria orgânica. O número de minhocas foi correlacionado ao teor de matéria orgânica do solo, nos locais amostrados, através do estudo de regressão linear simples.

Resultados e discussão

A estimativa média da frequência de amostras positivas com minhocas encontra-se na Tabela 1. A figura 2 apresenta os números de amostras em função da frequência de minhocas, do intervalo de confiança e da precisão desejada.

Os valores calculados do Qui-Quadrado que comparam o número de minhocas observados na amostragem em relação ao valor esperado demonstram que nos períodos 1, 3, 4, não ha diferença significativa, concluindo-se que existe confiabilidade para determinar a densidade populacional de minhocas através do emprego de quatro amostras sim-

TABELA 1. Frequência média de amostras positivas com minhocas (%) nos diferentes períodos. Rio Grande. Embrapa Clima Temperado. Pelotas-RS. 2003.

	Coleta 4	Coleta 1	Coleta 3	Coleta 2
Média (%)	72	85	89	94

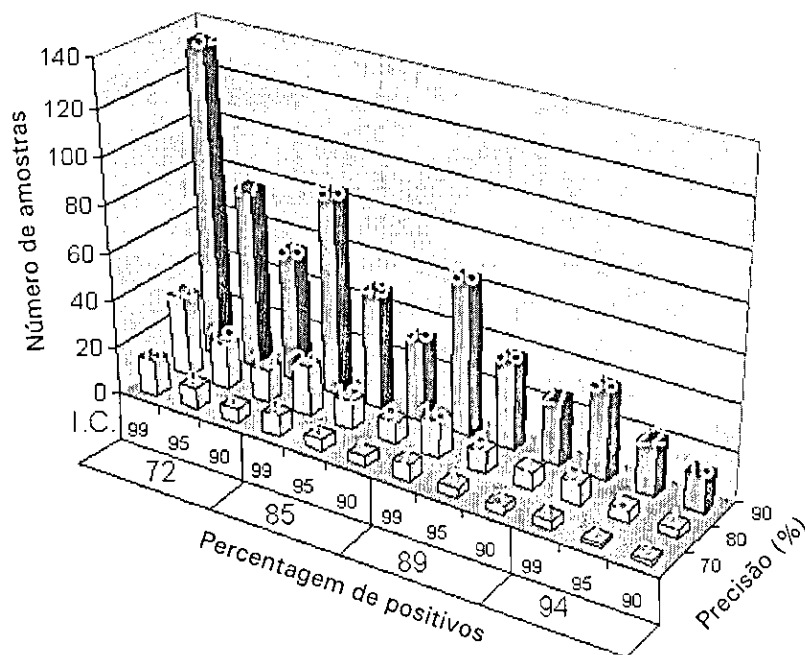


FIG. 2. Determinação do número de amostras de solo para monitorar a população de minhocas usadas como indicadora de qualidade do solo. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2003.

ples (Tabela 2). A existência de diferença significativa entre o valor observado e amostrado no período 2 pode ser decorrente do efeito de época ou de perturbação do solo provocado por lavração. Com base na análise de regressão, não foi detectada a existência de correlação entre o número de minhocas e matéria orgânica do solo (Tabela 3).

TABELA 2. Valores de Qui-Quadrado (χ^2) das médias de cada repetição. Rio Grande. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2003.

Coleta	χ^2	R1	R2	R3
1	Simples	0,063	2,250	1,563
	Dupla	5,348	0,098	0,000
	Tripla	0,174	0,000	1,174
2	Simples	0,766	66,016	3,063
	Dupla	5,641	84,410	63,004
	Tripla	55,627	32,585	42,793
3	Simples	0,750	0,021	0,188
	Dupla	0,000	1,172	0,188
	Tripla	0,280	0,113	0,454
4	Simples	0,200	2,113	1,513
	Dupla	4,278	0,378	0,253
	Tripla	0,068	1,089	0,272

TABELA 3. Análise de variância para regressão do número de minhocas contra matéria orgânica do solo. Rio Grande. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2003.

Época	Média			R ²	F	P
	M O	Nº minhocas	Log n° + 10			
1	3,78	5	1,16	0,0002	0,02	0,8980
2	2,96	18	1,35	0,0007	0,06	0,8056
3	3,09	3	1,11	0,0037	0,33	0,5689
4	3,21	4	1,12	0,0103	0,92	0,3409

Com base nos resultados apresentados pode-se considerar que até o momento, o protocolo proposto foi validado. A próxima etapa do processo é a sua aplicação em quatro épocas para determinar o melhor

momento de coleta, considerando a disponibilidade de mão de obra na propriedade rural e o rigor científico, sem descuidar dos níveis que o indicador possa assumir (natural, atual, crítico e de intervenção).

Referências

- BRUSSAARD, L. *et al* Biological Soil Quality from Biomass to Biodiversity Importance and Resilience to Management Stress and Disturbance. In: **International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture**, 182., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soybean: FAO, 2002. P. 74.
- FONTANELA, E., SOUZA, R.M. de, ZONTA, E.P., PRATES, E.D., SILVA, J.J.C.da. **Metodologia para Monitoramento da Qualidade dos Solos através de Indicadores Biológicos** In: Congresso de Iniciação Científica. UFPel. Pelotas 10 a 11 de dezembro, RS. Brasil. Anais cd-rom.
- FRIGHETTO, R. T. S. ; VALARINI, P. J. **Indicadores Biológicos e Bioquímicos da Qualidade do Solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p.
- COPERSUL, Clube da Minhoca de Ponta Grossa-PR, 1983. 124p.
- SILVA, J.J.C., SOUZA, R.M. de., ZONTA, E.P., FONTANELA, E., PRATES, E.D., ELY, M.F. **Monitoramento da Qualidade dos Solos através de Indicadores Biológicos: desenvolvimento metodológico**. In: Reunião técnica: Diversificação do uso de várzeas de clima temperado. Pelotas 17 a 19 de setembro, RS. Brasil. Anais cd-rom: cap.2 Fertilidade e Manejo dos Solos. Arquivo nº 23. Pdf.
- SILVEIRA, Jr, P.; ZONTA, E. P.; SILVA, J. B; MACHADO, A. A, **Estatística Geral-4º Fascículo-Inferência Estatística**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1980. 156p.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. **Statistical Methods** Eighth Edition, IOWA STATE UNIVERSITY PRESS/ AMES,1989. 503p.

Francisco Bautista-Zúñiga*; Ma. del Carmen Delgado-Carranza*

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos mantillos de leguminosas arbóreas y dos leguminosas herbáceas como cultivos de cobertera en la biomasa de oligoquetos y gasterópodos en un cultivo de maíz establecido en Leptosoles bajo condiciones climáticas de trópico subhúmedo cálido. A las dos semanas del cultivo de maíz, la abundancia y biomasa de oligoquetos aumentó en los tratamientos *Mucuna* (cultivo de cobertera de *Mucuna deerengianum* (L.) Medic.) con 29.39 g m⁻², *Leucaena* (mantillo de *Leucaena leucocephala* Lam. Dwytt) con 36.85 g m⁻² y *Lysiloma* (mantillo de *Lysiloma latissiliquum* L. Beneth) con 12.94 g m⁻², como consecuencia de los mantillos aplicados y acumulados en el caso de *Mucuna*. El Control y *Canavalia* (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C) presentaron valores de biomasa de lombrices de 3.64 g m⁻² y 7.15 g m⁻², respectivamente. En la semana 10 se identificó el aumento de la abundancia y biomasa con respecto a la calidad del follaje de acuerdo con la ecuación: $\ln d\ m^2 = -28.95 [(Lignina + Celulosa)/N] + 364$ con una $R^2 = 0.95$. Las leguminosas utilizadas como mantillos presentaron los valores más bajos de abundancia y biomasa de gasterópodos. Por lo contrario, la abundancia y biomasa de gasterópodos se aumentó con el uso de cultivos de cobertera. Los oligoquetos son más dependientes de la humedad y de la calidad del recurso en

* Departamento de manejo y conservación de recursos naturales tropicales, FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán; km 15.5, Carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida Yucatán, México; e-mail: bzuniga@tunku.uady.mx

comparación con los gasterópodos. Los gasterópodos estuvieron presentes por más tiempo en comparación con los oligoquetos.

Palabras clave: Caracoles, lombrices, cultivo de maíz, microclima, calidad de la hojarasca.

Abstract

The purpose of the present study was to evaluate the effect of tree legume mulch application or planting of green cover crops on earthworm and snail populations in a maize crop grown on a Leptosol under dry tropical climate conditions. Two weeks after planting (first sample), the earthworm biomass was highest in plots with *Mucuna* (29.39 g m⁻²), *Leucaena* (36.85 g m⁻²) and *Lysiloma* (12.94 g m⁻²). Control and *Canavalia* plots had earthworm biomass of only 3.64 g m⁻² and 7.5 g m⁻², respectively. On the second sample (Week 10), mulch foliage quality was positively related to earthworm density and biomass, and the equation describing the relationship was: Individuals m⁻² = -28.95 [(Lignin + Cellulose)/N] + 364, having an R² of 0.95. Cover crops promoted the density and biomass of snails in adverse climatic conditions, while mulching with *L. leucocephala* and *L. latissiliquum* reduced their populations. Earthworms are more affected by humidity and litter quality in contrast with snails. The snails were less dependent on these factors and remained active for a longer time period than the earthworms.

Key words: Snails, earthworms, maize, microclimate, litter quality.

Introducción

Los beneficios edáficos y agronómicos por el aumento de las poblaciones de macroinvertebrados del suelo, son: mineralización de N, disponibilidad de P, reciclaje de nutrimentos como Ca y K, el aumento de la estabilidad de los agregados y el crecimiento vegetal (Brown et al., 1995; Mba, 1993 y 1997).

Los oligoquetos son los macroinvertebrados del suelo que presentan mayores posibilidades de manipulación (Brown et al., 2001; Fragoso 2001). Aún cuando los estudios de campo con estos organismos son escasos, tanto en el trópico húmedo como en zonas templadas, se reportan efectos benéficos en la fertilidad del suelo (Curry y Byrne, 1992; Ketterings et al., 1997; Marinissen y Hillenaar, 1997). En Leptosoles y en el trópico subhúmedo son menos los estudios de campo manipulando oligoquetos. No obstante, revelan que el aumento de la abundancia y biomasa de oligoquetos se puede propiciar mejorando el microclima (disminución de la temperatura y aumento de la humedad del suelo) e incrementando la calidad de la materia orgánica del suelo (Tian et al., 1993).

Los gasterópodos terrestres son un grupo de organismos poco estudiado en el ámbito ecológico (Mijail et al., 1996). Son extremadamente sensibles a las variaciones del medio (humedad, calcio disponible, protección y disponibilidad de alimento (Alvarez y Willig, 1993; Naranjo, 1994).

Por otro lado, la manipulación agronómica del follaje (ramas y hojas de árboles) en forma de mantillos en cultivos, favorece la regulación del microclima y provee de alimento para los macroinvertebrados lo cual puede aumentar la fertilidad del suelo y el rendimiento agrícola. La siembra de herbáceas como coberteras de los cultivos, conservan la humedad, disminuyen la temperatura del suelo y proveen materia orgánica al suelo.

Estudios realizados en Leptosoles del trópico subhúmedo, han logrado incrementar la producción de maíz derivado y el control de arvenses por el uso de mantillos frescos de leguminosas arbóreas (*L. leucocephala* y *L. latisiliquum*) y por el uso de leguminosas herbáceas como coberteras vivas (*M. deerengianum* y *C. ensiformis*) (Caamal et al., 2001). Las leguminosas arbóreas presentan amplia distribución y abundancia en la vegetación natural de la Península de Yucatán (Flores y Espejel, 1994) y las utilizadas como cultivos de cobertera aún cuando no son endémicas están siendo manejadas por técnicos agrícolas y adoptadas por los campesinos.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación del efecto de los mantillos de leguminosas arbóreas (*L. leucocephala* y *L. latisiliquum*) y de dos cultivos de cobertera (*M. deerengianum* y *C. ensiformis*) en la abundancia y biomasa de las poblaciones de oligoquetos y gasterópodos, y en el microclima del suelo.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en Mérida, Yucatán México a los 20° 52' 3.86'' LN y los 89° 37' 20.05'' LW (Figura 1). La vegetación es secundaria proveniente de selva baja caducifolia. El clima es AWo (subhúmedo cálido con lluvias en verano y sequía intraestival; la temperatura me-

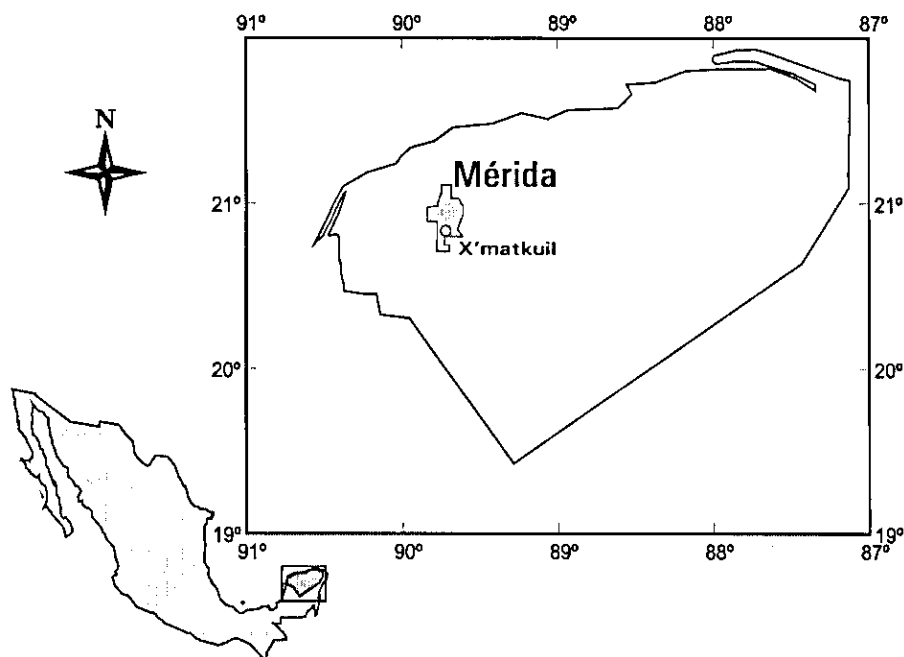


FIG. 1. Localización de la zona de estudio.

dia anual de 26°, con una precipitación anual de 998 mm (García, 1983). El suelo corresponde al grupo Leptosol con profundidad de hasta 20 cm, con pedregosidad y rocosidad variables, sobre roca calcárea.

Manejo del cultivo

En la región la siembra del maíz se realiza al inicio de la época de lluvias (junio), sin embargo, por el retraso en las lluvias, el presente estudio se inició en el mes de agosto de 1995. Antes de la siembra del maíz, se realizó un deshierbe en todos los tratamientos, debido a que el cultivo anterior produjo en el tratamiento control una gran cantidad de hojarasca proveniente de las arvenses y del rastrojo de maíz; en los tratamientos con cultivo de cobertera se presentaron mantillos de la leguminosa, hojarasca de arvenses y el rastrojo del maíz; y en los tratamientos con mantillo de leguminosas se presentaron hojarasca de arvenses y rastrojo de maíz. En la siembra del maíz, se utilizó palo sembrador, colocando tres semillas en cada hoyo, la densidad de siembra fue de 60 mil plantas ha⁻¹. La semilla utilizada fue la V-528. El tamaño de las unidades experimentales para la siembra del maíz fue de 25 m² (5 x 5) m con una parcela útil de 16 m².

Las ramas y hojas de las plantas utilizadas como mantillos se aplicaron, de forma homogénea, el mismo día de la siembra del maíz. Se utilizaron 12 t ha⁻¹ de peso fresco por cada mantillo, que corresponden en peso seco a 3.6 t ha⁻¹ de mantillo de *L. leucocephala* y 5.8 t ha⁻¹ de mantillo de *L. latisiliquum*.

Los cultivos de cobertera se sembraron 15 días después de la siembra del maíz y de la misma forma en filas intercaladas.

No se utilizaron fertilizantes.

El diseño experimental fue totalmente al azar, consistió en la instrumentación de cinco tratamientos: 1) Leucaena en el que se aplicó un mantillo fresco de *L. Leucocephala* (Lam.) De Witt; 2) Lysiloma en el que se aplicó un mantillo fresco de *L. Latisiliquum* (L.) Benth; 3) Mucuna con cobertera de *M. deerengianum* (L.) Medic.; 4) Canavalia con

cobertera de *C. Ensiformis* (L.) D.C.; y 5) Control sin mantillos, ni cultivos de cobertera, solo maíz. Se utilizaron nueve unidades experimentales por cada tratamiento.

Oligoquetos y gasterópodos

Los muestreos de oligoquetos y gasterópodos se llevaron a cabo al azar en cuadrantes de 0.25 m² y a una profundidad de hasta 20 cm (Anderson e Ingram 1993); se realizaron de forma manual por la mañana entre las 7 y 10 horas y en tres tiempos: 1) A las dos semanas después de la siembra (Plántula); 2) 10 semanas después de la siembra (Floración); y 3) 12 semanas después de la siembra (Cosecha). Se tomaron 9 muestras por tratamiento.

Los gasterópodos se secaron a 60° C por 48 horas para obtener el peso seco correspondiente a la biomasa. Los oligoquetos se pesaron en fresco en el laboratorio después de anestesiarlos con alcohol al 10% y fijarlos en formol al 4%. Se calculó el tamaño o peso promedio por organismo.

El análisis de varianza se realizó con los datos de abundancia y biomasa transformados en $\text{Log}_{10} + 1$.

Calidad y descomposición de los mantillos

La calidad de la hojarasca de *L. leucocephala*, *L. latisiliquum*, *M. deerengianum* y *C. ensiformis* se determinó en muestras compuestas de ramas y hojas, secadas a 35-40 °C, molidas, y tamizadas con una malla del número 60 (<0.25 mm).

Los análisis se realizaron por duplicado. El N se analizó por el método del Kjeldhal; C por la oxidación húmeda con dicromato de potasio y calor externo; lignina, hemicelulosa y celulosa y polifenoles siguiendo el método de Folin-Denis (van Soest, 1963; Anderson e Ingram, 1993).

El mantillo se aplicó en fresco, se midió su equivalencia en peso seco. Para evaluar la descomposición se colocaron 17 g de hojas (en peso seco) en bolsas de malla de 25 cm de largo por 10 cm de diámetro con

abertura en forma de cuadros de 2.25 mm². La bolsas se colocaron en las parcelas y se retiraron, una a una, en los siguiente tiempos (8, 20, 48, 65, 121, 175, 314 días). Se pesó el material remanente. Los datos de pérdida de peso se ajustaron al modelo simple de descomposición exponencial negativa.

Microclima del suelo

La humedad del suelo se midió por pérdida de peso y la temperatura del suelo se midió a 5 cm de profundidad a las 7, 11 y 15 horas utilizando un termómetro de mercurio.

Los resultados se analizaron como series de tiempo y la estimación de la tendencia se obtuvo por el método de promedio móvil (orden 3), con lo cual se eliminan los esquemas irregulares (Spiegel 1997).

Resultados

Producción de follaje de los cultivos de cobertera y calidad de los mantillos

El follaje producido por *M. deerengianum* fue de 7974 ± 254 kg ha⁻¹ (2070 kg ha⁻¹ en peso seco) y *C. ensiformis* fue 3850 ± 106 kg ha⁻¹ (1086 kg ha⁻¹ en peso seco). A las dos semanas los cultivos de cobertera presentaron coberturas del 40 al 60% y a las 10 semanas la cobertura fue del 60 al 100%.

La calidad del follaje (Cuadro 1) comprendida como la relación (lignina + celulosa)/N de *L. leucocephala* (7.63) fue mayor que *L. latisiliquum* (11.22). En el caso de los cultivos de cobertera, la calidad de *C. Ensiformis* fue de 5.54 y la de *M. deerengianum* fue de 6.48.

Descomposición de mantillos

El proceso de descomposición del mantillo de *L. leucocephala* presentó dos fases: la primera a los 20 días, en ella, la pérdida de peso de los

CUADRO 1. Composición química de los aportes de materia orgánica con mantillos y cultivos de cobertura.

Parámetros	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. latissiliquum</i>	<i>M. deerengianum</i>	<i>C. ensiformis</i>
Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	126.0	166.0	78.4	41.7
Lignina (kg ha ⁻¹)	287	895	117	66
Celulosa (kg ha ⁻¹)	674	967	391	165
Hemicelulosa (kg ha ⁻¹)	376	601	544	144
Polifenoles (%)	3.95	8.61	-	-
Agua (%)	64	56	-	-

materiales fue muy rápida (entre 60 y 80%), presentando una $k = -22.8$ y una vida media de 10.5 días. La ecuación de la primera fase fue $y = 0.86 e^{-22.8t}$ ($r^2 = 0.87$). En tanto que la fase II (después de los 20 días) fue más lenta, La ecuación de la segunda fase fue $y = 0.28 e^{-1.17t}$ ($r^2 = 0.91$).

El mantillo de *L. latisiliquum* se descompone de manera más lenta que *L. Leucocephala*, se presenta una sola fase con una $k = -1.7$ y con una vida media de 171 días. La ecuación fue $y = 0.98 e^{-1.7t}$ ($r^2 = 0.99$).

Oligoquetos

A las dos semanas, la mayor biomasa de oligoquetos se encontró en los tratamientos Mucuna, Leucaena y Lysilima ($p < 0.05$) (Cuadro 2).

A las 10 semanas las dos leguminosas utilizadas como mantillos presentaron los valores menores en abundancia. Además hubo relación entre la calidad del aporte de los mantillos de las cuatro leguminosas estudiadas con la abundancia de oligoquetos, resultando que a mayor calidad del mantillo mayor abundancia de oligoquetos, considerando que la calidad de la hojarasca está determinada por la relación (Lignina + celulosa)/N (Figura 2) (PALM). A las 12 semanas después de la siembra no se encontraron oligoquetos en todos los tratamientos.

En el Control y en Canavalia la abundancia de oligoquetos aumenta para la semana 10 ($p < 0.05$). Se presenta una reducción en la biomasa de oligoquetos entre las semanas 2 y 10 que va en la siguiente secuencia 69%, 84% y 87% para Lysiloma, Mucuna y Leucaena, respectivamente.

Los oligoquetos colectados a las dos semanas después de la siembra son de mayor tamaño que los colectados a las 10 semanas (Figura 3). La especie dominante fue *Balanteodrilus pearsei*.

La toma de muestras de oligoquetos debe realizarse por la mañana, ya que después de las 10 horas no se encuentran en el suelo, posiblemente se localicen entre el horizonte C o entre la roca y la parte superior del aquitardo calcáreo, resguardándose del sol y las temperaturas altas.

CUADRO 2. Poblaciones de oligoquetos y gasterópodos en cultivo de maíz con leguminosas.

Tratamiento	2 semanas	10 semanas	12 semanas
..... Abundancia (individuos m ⁻²) de oligoquetos			
Control	17a α	263 b β	0
Canavalia	53ab α	223 b β	0
Mucuna	189 b α	168 b α	0
Leucena	145 b α	125ab α	0
Lysiloma	100ab α	48a α	0
..... Biomasa (g m ⁻²) de oligoquetos			
Control	3.64a α	3.62a α	0
Canavalia	7.15ab α	9.25a α	0
Mucuna	29.39 b α	4.80a β	0
Leucaena	36.85 b α	4.76a β	0
Lysiloma	12.94 b α	3.98a β	0
..... Abundancia (individuos m ⁻²) de gasterópodos			
Control	142a α	72a α	57ab α
Canavalia	137a α	222a α	133 b α
Mucuna	58a α	184a α	181 b α
Leucaena	154a α	100a α	5a β
Lysiloma	194a α	101a α	4a β
..... Biomasa (g m ⁻²) de gasterópodos vivos			
Control	11a α	3a $\alpha\beta$	2ab β
Canavalia	5a α	8a α	5 b α
Mucuna	13a α	9a α	5 b α
Leucaena	5a α	4a α	2a β
Lysiloma	9a α	5a α	2a β

Letras distintas (a y b) indican que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos.
 Letras distintas (α y β) indican que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tiempo de muestro. $n = 9$.

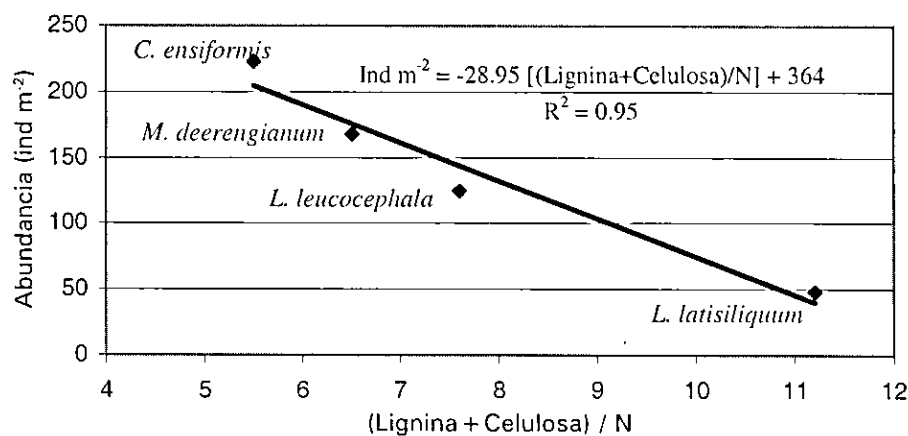


FIG. 2. Relación entre la calidad de la hojarasca de las leguminosas utilizadas como mantillos y cultivos de cobertera con la abundancia de oligoquetos.

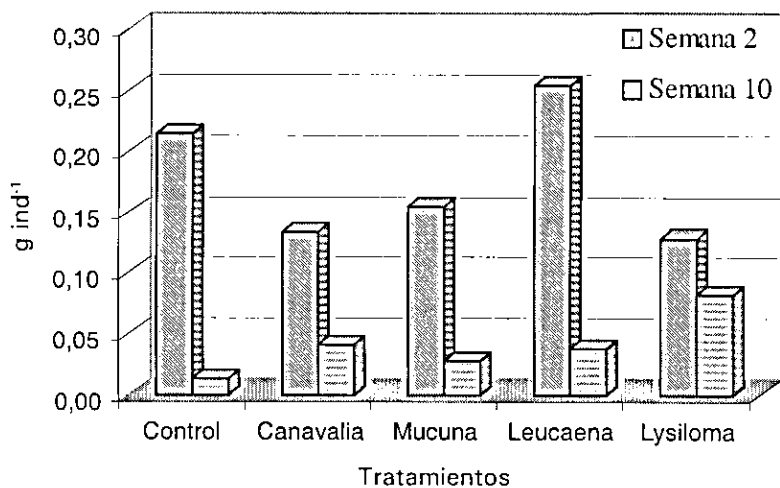


FIG. 3. Peso promedio de oligoquetos en cultivos de maíz con mantillos y cultivos de cobertera.

Gasterópodos

A las dos y 10 semanas después de la siembra, la abundancia y biomasa de gasterópodos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos debido a la gran variabilidad de los datos. Sin embargo, a las 12 semanas, se presentaron diferencias en abundancia y biomasa de gasterópodos entre tratamientos, siendo los mantillos de leguminosas los que presentaron los valores más bajos.

Las plantas utilizadas como cultivos de cobertera, es decir, *M. deerengianum* y *C. Ensiformis* presentaron los valores más altos en abundancia y biomasa.

Los tratamientos con mantillos de *L. leucocephala* y *L. latisiliquum*, presentaron una disminución de la abundancia y biomasa de gasterópodos para la semana 12 de cultivo (Cuadro 2). Es posible que esta situación se producto de la falta de alimento para los organismos ya que los mantillos pierden sus compuesto lábiles en las primeras posteriores a su aplicación.

La especie que domina las poblaciones de gasterópodos es *Praticolela graseola*.

Microclima

El contenido de humedad es menor en el Control en más del 90% de los casos, lo cual indica que ambos mantillos y cultivos de cobertera influyen en la conservación de la humedad del suelo (Figura 4).

La influencia de los mantillos en la temperatura del suelo fue más evidente a las 15 h. En control se presentaron, en todos los días medidos, los valores más altos de temperatura; sin embargo, las diferencias entre mantillos no son evidentes (Figuras 5, 6, y 7).

Los cultivos de cobertera generan mantillo y biomasa durante el ciclo de cultivo por lo que disminuyen la temperatura y contribuyen a la conservación de la humedad del suelo, esto seguramente influye favorablemente en las poblaciones de oligoquetos y gasterópodos.

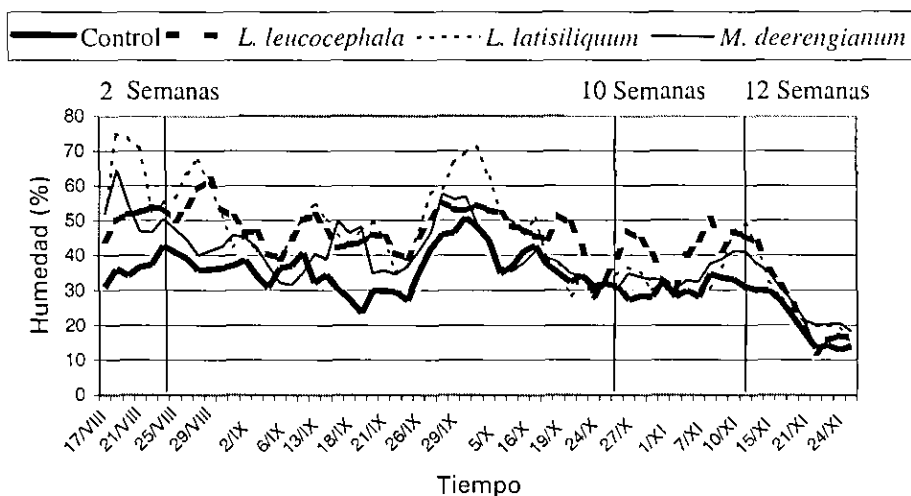


FIG. 4. Retención de la humedad del suelo con mantillos y cultivos de cobertura.

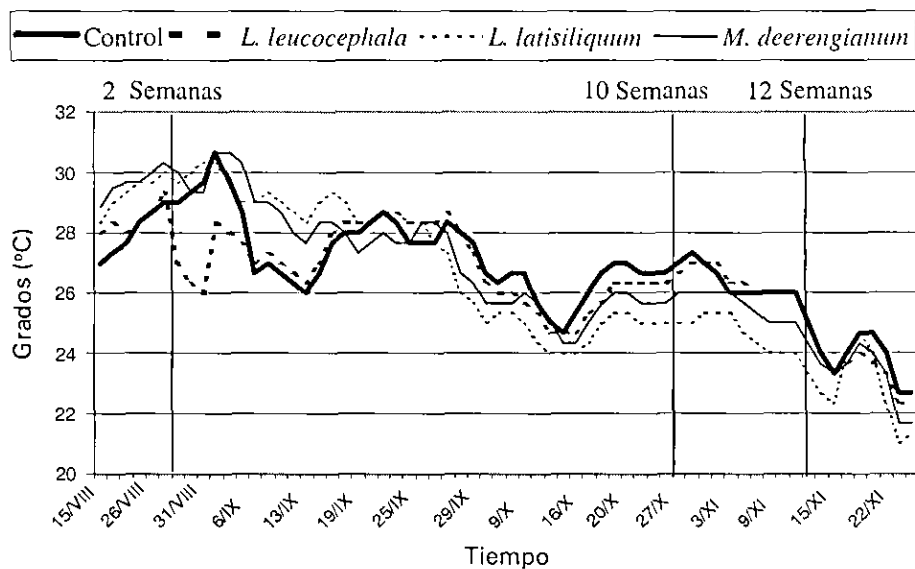


FIG. 5. Temperatura del suelo a las 7 horas en cultivo de maíz con mantillos y cultivos de cobertura.

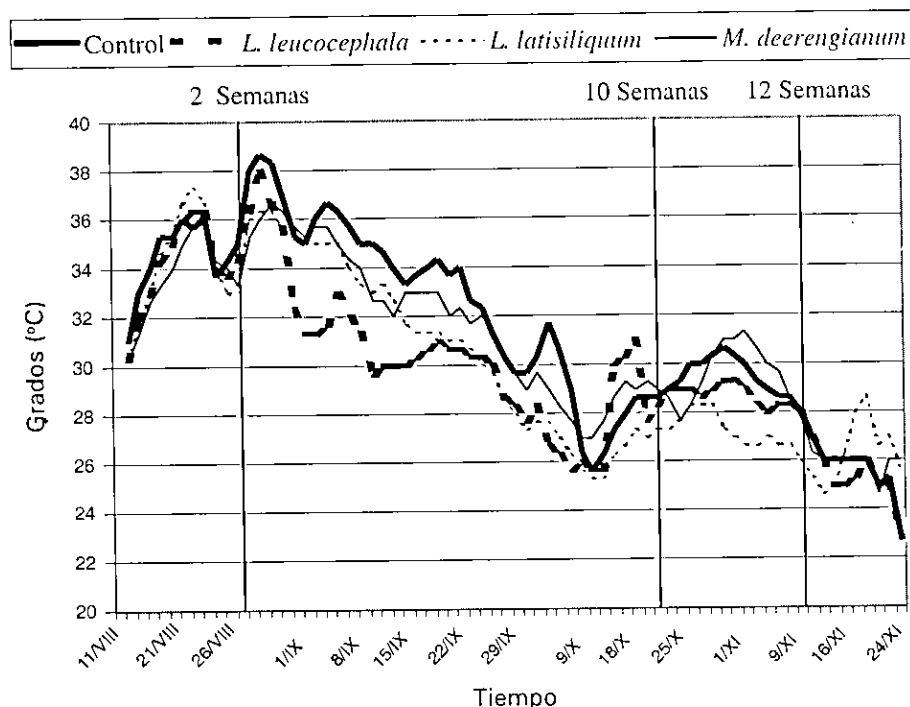


FIG. 6. Temperatura del suelo a las 11 horas en cultivo de maíz con mantillos y cultivos de cobertera.

Los gasterópodos fueron menos susceptibles a la disminución de la lluvia, en comparación con los oligoquetos, por lo que se encontraron durante todo el ciclo del cultivo aún cuando la humedad del suelo había disminuido.

Discusión

Los mantillos y cultivos de cobertera influyen favorablemente en el aumento de la abundancia y biomasa de oligoquetos, destacándose *L. leucocephala* como mantillo y *M. deerengianum* como cultivo de cobertera.

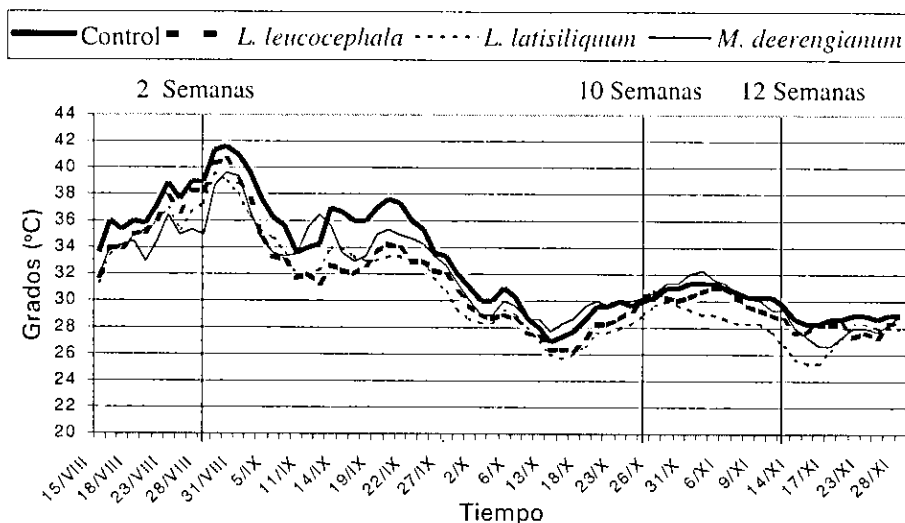


FIG. 7. Temperatura del suelo a las 15 horas en cultivo de maíz con mantillos y cultivos de cobertera.

La abundancia de oligoquetos en *Mucuna*, *Leucena* y *Lysiloma* es superior a los 51 individuos m^{-2} reportados para milpas por Brown et al., (2001). Fragoso (2001) reportó una media de 200 individuos m^{-2} en selvas medianas y bajas, situación que se está muy cerca de alcanzar con el uso de *M. deerengianum* y *L. Leucocephala*.

Los valores de biomasa de oligoquetos encontrados en los tratamientos Control, Canavalia y *Lysiloma*, se encuentran por debajo de la media de 26 g m^{-2} determinada por Fragoso (2001).

Brown et al., (2001) mencionan que una biomasa de oligoquetos mayor de 30 g m^{-2} puede ocasionar efectos positivos en la calidad del suelo y en la producción agrícola, biomasa que se encontró en *Mucuna* y *Leucaena* solo durante la semana 2; sin embargo, considerando que el grupo Leptosol se caracteriza por su escasa cantidad de tierra fina, es posible que aún las cantidades bajas de oligoquetos encontradas en este estudio puedan tener un impacto benéfico en el suelo y en los cultivos.

No existen reportes de abundancia y biomasa de oligoquetos en Leptosoles de origen cárstico en Latinoamérica (Fragoso, 2001; Brown et al., 2001) por lo que este estudio es el primero.

Los Ferrasoles y Acrisoles son los suelos tropicales con mayores abundancias de oligoquetos (120 a 300 individuos m^{-2}) pero también de mucho mayor volumen de suelo, que puede variar de entre cuatro a seis veces más al del Leptosol (Tian et al., 1993). Además debe considerarse que los Ferrasoles se localizan en zonas con climas tropicales lluviosos y que el presente estudio se realizó en una zona de trópico subhúmedo (AWo).

La aplicación de mantillos y el uso de cultivos de cobertera propician un ambiente edáfico más favorable para los oligoquetos, principalmente por la conservación de la humedad del suelo y la provisión de alimento.

La temperatura del suelo parece no tener ninguna influencia negativa en la abundancia de oligoquetos, por el contrario, a mayores temperaturas mayor es la abundancia; sin embargo, es la humedad del suelo la que favorece a estos organismos.

Diversos autores (Tian et al., 1993; Fragoso et al. 1995) encontraron que la calidad de los mantillos ejerce una clara influencia en las poblaciones de oligoquetos, situación que ocurre en este trabajo. La calidad del mantillo de *L. leucocephala*, determinada por la relación (Lignina + celulosa)/N como se observa en la Figura 2, es mayor que *L. latisiliquum*. En el caso de los cultivos de cobertera, la calidad de la biomasa de *C. ensiformis* es mayor que la de *M. deerengianum*; sin embargo, la cantidad de biomasa de hojarasca producida es mayor en el tratamiento con *M. deerengianum* producto de su mejor desarrollo y adaptación a las condiciones de cultivo de maíz y al suelo.

La gran variabilidad en los datos impidió la identificación de diferencias entre tratamientos en las semanas dos y 10; sin embargo, para el tercer muestreo en la semana 12, las leguminosas utilizadas como cultivos de cobertera presentaron los valores mayores, es posible que la explicación a este fenómeno a la cobertura del 100% en *M. deerengianum* y del 60% en *C. ensiformis*, lo cual producía un ambiente aéreo menos ex-

tremo y una mayor cantidad de alimento tanto por cantidad de mantillo como por la planta viva. Los resultados sugieren que tanto el mejoramiento del microclima como la cantidad y calidad del alimento (follaje) son factores que favorecen la presencia de gasterópodos terrestres.

Estudios realizados en Cuba reportan abundancias de 130 individuos m^{-2} en selva baja (Mijail et al., 1996), valores únicamente superados en el tratamiento con *C. ensiformis* como cultivo de cobertera y en *M. deerengianum* en menor grado. En México son escasas las investigaciones con las cuales se puedan comparar estos resultados. Brown et al., (2001) realizaron una recopilación de investigaciones sobre la macrofauna en México y no reportan ni biomasa ni abundancia debido a que estos organismos no llegan a ser importantes; sin embargo, en este estudio los gasterópodos son de mayor abundancia que los oligoquetos, tal vez por la alta cantidad de calcio que hay en los Leptosoles de la región y que los gasterópodos necesitan en cantidades abundantes (Stork y Eggleton, 1992; Alvarez y Willig, 1993; Hermida y Ondina, 1995; Naranjo-García y Palacio, 1997).

Con respecto a cuestiones agronómicas, Caamal et al., (2001) reportan que el uso de los cultivos de cobertera y mantillos de leguminosas estudiados en el mismo sitio que este estudio contribuyeron al aumento de la producción del maíz, ayudaron en el control de arvenses y en el control de plagas. Además, en el caso de los cultivos de cobertera se cosecha el grano de la leguminosa que es un producto adicional.

Los resultados de este trabajo permiten suponer que el aumento en la producción de maíz por el uso de mantillos y cultivos de cobertera se encuentra relacionado con la conservación de la humedad y con la abundancia y biomasa de oligoquetos en el caso del uso de *L. leucocephala* como mantillo y de *M. deerengianum* como cultivo de cobertera.

Conclusiones

El mantillo de *L. leucocephala* y *M. deerengianum* y *C. ensiformis* como cultivo de cobertera ocasionan un aumento temporal en la abundancia

de las poblaciones de oligoquetos. El mantillo de *L. latisiliquum* no tiene efecto en la abundancia de oligoquetos.

Los oligoquetos son más dependientes de la humedad y de la calidad del recurso que los gasterópodos.

Los mantillos y cultivos de cobertera estudiados ocasionan una disminución de la abundancia y biomasa de los gasterópodos; sin embargo, cuando la humedad del suelo disminuye el uso de *M. deerengianum* como cultivo de cobertera promueve un aumento de la abundancia y biomasa.

Mantillos y cultivos de cobertera propician una mayor conservación de la humedad y una disminución de la temperatura del suelo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (proyecto 0308P-B9506), a la Fundación Rockefeller y al proyecto CYTED por el apoyo económico. Al M en C. Arturo Caamal-Maldonado por el apoyo técnico.

Referencias

- ALVAREZ J. Y M. R. WILLIG. 1993. Effects of treefall gaps on the density of land snail in the Luquillo experimental forest of Puerto Rico. *Biotropica*. 25(1) : 100-110.
- ANDERSON J. Y J. INGRAM. 1993. *Tropical soil biology and fertility: a hand book of methods*. CAB International, Wallingford, UK.
- BROWN G, P. HENDRIX Y M. BEARE. 1995. Influence of earthworms (*Lumbricus rubellus*) on sorghum litter processing and nitrogen mineralization in two Ultisols. *Acta Zool. Fennicia*, 196: 55-59
- BROWN G, C. FRAGOSO, I. BAROIS, P. RIJAS, J.C. PATRÓN, J. BUENO, A.G. MORENO, P. LAVELLE Y V. ORDAZ. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zool Mexicana*, Número especial 1: 79-110.

- CAAMAL-MALDONADO J., J. JIMÉNEZ-OSORNIO, A. TORRES-BARRAGAN Y A. ANAYA. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agron. J.*, 93 (1): 27-36.
- CURRY J. Y D. BYRNE. 1992. The role of earthworms in straw decomposition and nitrogen turnover in arable land in Ireland. *Soil Biol. Biochem.*, 24(12): 1409-1412.
- FLORES S. E I. ESPEJEL. 1994. *Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán*. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán. Fascículo 3.
- FRAGOSO C., S.W. JAMES Y S. BORGES. 1995. Native earthworms of the North Neotropical Region: current status and controversies. En: *Earthworm ecology and Biogeography in North America*. P.F. Hendrix (Ed.). Lewis Publishers, EEUU. 67-115 pp.
- FRAGOSO C. 2001. Las lombrices de tierra en México (Annelida, Oligoqueta): Diversidad, ecología y manejo. *Acta Zool. Mexicana.*, Número especial 1: 131-171.
- GARCÍA E. (1983). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Apuntes de climatología. Talleres Larios. México, D.F.
- HERMIDA J. Y P. ONDINA. 1995. Estudio ecológico de *Vitrea* (*Vitrea contracta* (Westerlund, 1871) (Molusca: gastropoda: Pulmontata: Stylommatophora) en el noreste de la Península Ibérica. *An. Biol.* 20(9): 47-52.
- KETTERINGS Q.M., J.M. BLAIR Y J.C. MARINISSEN. 1997. Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystems. *Soil Biol. Biochem.*, 29(3-4): 401-408.
- MARINISSEN J.C. Y S.I. HILLENAAR. 1997. Earthworm-induced distribution of organic matter in macro-aggregates from differently managed arable fields. *Soil. Biol. Biochem.*, 29(3-4): 391-395.

MBA C. 1993. Field studies on two rock phosphate solubilizing Actinomycetes isolates ask biofertilizer sources. *Environ. Mana.*, 18: 263-269.

MBA C. 1997. Rock phosphate solubilizing Strptosporangium isolates from cast of tropical earthworms. *Soil Biol. Biochem.*, 29(3-4): 381-385.

MIJAIL, A., J. C. VILLASECA Y N. ZIONE. 1996. Sinecología básica de moluscos terrestres en cuatro formaciones vegetales de Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 44 (1) : 133-146.

NARANJO-GARCÍA E. 1994. Estudio sobre moluscos terrestres en México. Pp 61-72. En: *Seminario: Situación actual de la malacología medica y aplicada en América Latina*. Naranjo, E., M.T. Olvera y O.J. Polaco (Eds). México. Capítulo Mexicano de la Sociedad Internacional de Malacología Médica y Aplicada.

NARANJO-GARCÍA E Y O. J. PALACIO. 1997. Moluscos continentales. Pp. 425-431. En: E. González, R. Dirzo R. Vogt. (eds). *Historia natural de los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO, México, D. F.

SPIEGEL M R. 1997. *Estadística*. Mc Graw Hill. Madrid, España. 556 pp.

STORK N. E. Y P. EGGLENTON. 1992. Invertebrates as determintns and indicator of soil quality. *Am. J. Altern. Agric.*, 7 (1/2) : 38-47.

TIAN G., L. BRUSSAARD Y B. KANG. 1993. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: effects on soil fauna. *Soil Biol. Biochem.*, 25(6): 731-737.

van SOEST PJ. 1963. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Ass. Ofic. Anal. Chem.*, 46:829-835.

9

Promoción directa o indirecta de la macrofauna en la descomposición de los residuos de cosecha de un cañaveral y de la cachaza

Barois Isabelle; Hernández-Castellanos B.; Bailón de los Santos M.;
Irissón S.; E. Aranda

La caña de azúcar tiene características relevantes que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en materia verde, energía y fibra y de ciclos de tiempo de crecimiento menores que otras especies. Sin embargo en México los cañaverales se siguen quemando en cada cosecha lo que empobrece el suelo en nutrientes, materia orgánica y **biota**, y provoca la generación de CO₂ que contribuye al calentamiento global del planeta y a la contaminación de los cuerpos de agua de la zona.

La caña de azúcar en su aprovechamiento industrial, da lugar a importantes cantidades de residuos, como los residuos de la cosecha (punta y hoja 10 % del total de productos primarios) que se quedan en el campo, y la cachaza y la vinaza que se producen en el ingenio.

Con objeto de explicar a los cañeros del Estado de Veracruz, México, los beneficios de la no quema antes y después de la cosecha y del uso de la cachaza, se elaboró un proyecto en el cual se quiso demostrar que la no quema daba mejor producción de caña (cantidad y calidad) y promovía la recolonización de la biota del suelo, en particular la macrofauna. Para ello se estableció a): un experimento de descomposición de las puntas y hojas de caña en una parcela no quemada y b) se hicieron muestreos de macrofauna en esa misma

parcela y en cañaverales con diferentes manejos, para demostrar que la cachaza puede ser lombricompostada y que la lombricomposta producida es de calidad.

Experimento de descomposición

En el ejido Jareros del Municipio de Úrsulo Galván (Ver.) se estableció una parcela (20x30m) de caña que no se quemó y se cortó en crudo, en ella se diseñó un experimento con litter bags que tuvo dos tratamientos, I: puntas y hojas no fraccionadas y II- puntas y hojas fraccionadas.

Este experimento mostró una clara descomposición a través del tiempo, pues las hojas y las puntas perdieron más del 60% de su peso en 204 días y la mayoría de los nutrientes se incorporaron al suelo en ese lapso; si bien el tratamiento II (hojas y puntas fraccionadas) mostró la tendencia a descomponerse mucho más rápido, entre dichos tratamientos no se observaron diferencias significativas. La comparación entre parcelas quemada y no quemada mostró que a lo largo del ciclo de desarrollo de la caña, está creció más en la parcela no quemada. Desafortunadamente al final del experimento no se pudo evaluar la producción de caña en la parcela no quemada y por lo tanto no se pudo comparar la producción. En el muestreo de la macrofauna (ver más adelante) no se observaron cambios el inicio del experimento y el final, lo cual muestra que un año sin quema no permite que se restaure la macrofauna.

Inventarios de macrofauna en diferentes cañaverales:

Se efectuaron inventarios de macrofauna de suelo en cañaverales del Estado de Veracruz de altura (1200 msnm, Cañaverales de Mahuixtlan) en 4 parcelas con diferente manejo: 1) Cultivo convencional: con doble quema y tratamientos químicos, 2) Una quema dejando las puntas y otros residuos que se acomodan cada 5 surcos. 3) Una quema dejando las puntas y otros residuos sin acomodo y 4) Ninguna quema dejando *in situ* las hojas y puntas de caña y sin tratamientos químicos. Adicio-

nalmente se muestreo en la Planicie costera (200-400 msnm) sobre un suelo arenoso y uno arcilloso (cañaverales de la Gloria) un cultivo tradicional con 2 quemas, más uso de agroquímicos.

Los muestreos se efectuaron con la metodología del TSBF: en cada parcela se realizó un transecto de 100m y a cada 10 m se elaboró un monolito de 25x25 x30cm de profundidad de suelo del cual se extrajo manualmente la fauna del suelo.

La densidad de la macrofauna fue un 50% (845-601 ind.m²) mayor en los cañaverales de las zonas bajas que los de las zonas altas; de manera inversa la biomas fue de 4 a 10 veces mayo (6-21 g .m²) en las zonas altas que en las bajas. La diversidad en la planicie costera varió de 10 a 14 grupos taxonómicos, mientras que en la zona alta la diversidad fue más variable (de 9 a 18 grupos taxonómicos). En la planicie costera no hubo diferencias obvias entre los 2 suelos. En la parte alta la parcela más biodiversa fue la que no sufrió quema alguna.

Lombricompostage de la cachaza

En el laboratorio se observó el desarrollo de *Eisenia andrei* y *Dichogaster* sp. en cachaza de caña de azúcar. Para ello las lombrices *Eisenia andrei* y *Dichogaster* sp. (con pesos promedios de 14 - 28mg) se inocularon de manera independientes en cajas de plástico (de 16x16x6 = 1536 cm² con 500g de cachaza) a 6 diferentes densidades (2, 4, 8, 16, 32 y 64 de lombrices) x 4 repeticiones, dando un total de 48 unidades experimentales, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar, manteniendo constante las siguientes condiciones: cachaza con 80% de humedad y una temperatura de 20-22°C. La cachaza fue renovada cada 15 días y se registraron los siguientes datos: Peso individual, producción de capullos y mortalidad de individuos durante 90 días. Los capullos separados fueron incubados para determinar su tiempo de incubación, porcentaje de eclosión y nacimientos por capullo.

Ambas especies se desarrollaron satisfactoriamente. Para *E. andrei* el máximo peso individual fue de 594mg, con un porcentaje de crecimiento

de 5.16mg dia⁻¹, alcanzando la maduración sexual entre los 30-45 días con un peso promedio de 363mg. La producción individual de capullos fue durante 9 semanas distribuidos de manera aleatoria y con un tiempo de incubación de 14 a 24 días; el porcentaje de eclosión fue de 75%, naciendo 3 lombrices por capullo y con una sobrevivencia del 94% de las lombrices incubadas. Para *Dichogaster* sp. el peso máximo individual fue de 275mg, con un porcentaje de crecimiento de 2.59mg dia⁻¹, alcanzando la maduración sexual entre los 15-30 días con un peso promedio de 170mg. La producción individual de capullos fue extraordinariamente alta (40 por semana), distribuidos al azar y con un tiempo de incubación de 15-22 días; el porcentaje de eclosión fue de 65% naciendo 2 lombrices por capullo, y con un 97% de sobrevivencia de las lombrices inoculadas. Ambas especies decrecieron en biomasa en función de la densidad poblacional.

La cachaza fue una buena fuente de alimento para *E. andrei* y *Dichogaster* sp. Su capacidad de carga fue de 7.33.20g de *Eisenia andrei* y 494g de *Dichogaster* sp por m². Si bien *Dichogaster* sp. se desarrolla naturalmente en estos desechos, presenta sin embargo problemas para su manejo en campo, ya que no es muy adaptable a la manipulación.

Con objeto de probar la factibilidad del lombricompostaje, se establecieron camas en campo en la planicie costera (parte baja) y en la parte alta. En la zona alta se observó que el lombricompostaje de la cachaza se efectuaba satisfactoriamente. En la parte baja en cambio y debido a las altas temperaturas, hubo necesidad de cubrir las camas y de regarlas permanentemente, lo cual indica que el lombricompostaje no es viable en esa zona.

En cuanto a la calidad de la lombricomposta de cachaza se vio que es un buen abono, en particular muy rico en fósforo. En comparación con la composta de cachaza, la lombricomposta tiene una mejor calidad aunque la composta es un producto aceptable.

Comunidades de lombrices de tierra y propiedades fisicoquímicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Tabasco, México

Sheila A. Uribe-López¹; Carlos Fragosó¹; Jorge F. Molina-Enríquez²

Introducción

El cacao se cultiva en tres continentes que aportan significativos volúmenes de producción: África (56%), Asia (12%) y América (32%) (Yáñez, 1994; Agrocadenas, 2003). México produce el 1.76% a nivel mundial y a nivel nacional Tabasco es el líder en producción de cacao por aportar el 82% del volumen total (Castañeda y Cámara, 1992).

El cultivo del cacao es un agroecosistema de sombra que generalmente presenta un manejo tradicional (con escasos insumos). Por lo tanto este cultivo debería conservar hipotéticamente algunas de las especies nativas de las lombrices de las selvas; sin embargo esto puede variar en función de la intensificación agrícola que se le de al cultivo.

De los diversos estudios que se han realizado en los agroecosistemas tropicales húmedos del mundo (Lavelle, et al. 1998; Lavelle et al. 1999) con lombrices de tierra tales como en cultivos de café (Juárez, 2000), hule (Gilot et al. 1995), *Eucalyptus* sp. y *Albizia* sp. (Zou, 1993) y té (Senapati et al. 1994), solamente hay un estudio realizado en cacaotales (Fragoso, 1992). Este último autor estudió las lombrices de tierra de la Selva Lacandona de México, y en particular comparó la selva alta con un cacaotal poco intensificado, encontrando que los dos ambientes

¹ Departamento de Biología de Suelos, Instituto de Ecología de Xalapa, A.C. A.P. 63, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México, sheirylopez@hotmail.com

² Laboratorio de Edafología y Microbiología, D.A.C.B. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, Tabasco, México.

tenían el mismo número de especies (7 spp) y que el cacaotal conservaba un número significativo de especies nativas (4 spp).

El presente estudio pretende describir la estructura y composición de las comunidades de lombrices terrestres y su relación con algunas propiedades físicas y químicas del suelo en dos cacaotales de la sierra del estado de Tabasco, así como comparar los patrones encontrados con los de una selva mediana cercana.

Zonas y métodos

Zonas de estudio

El estudio se realizó en dos localidades del municipio de Teapa, Tabasco (Cuadro 1). En la localidad de Juan Aldama (17° 37' N y 93° 02' O), se seleccionaron dos cacaotales con diferentes edades: cacaotal de 15 años (c15) y cacaotal de 50 años (c50).

En la localidad del Cerro del Madrigal (17° 34' 30" N 92° 56' 15" O) se seleccionó un cacaotal en descanso (cd) y una selva mediana subperennifolia (sms).

CUADRO 1. Principales características climáticas y edáficas de Juan Aldama y el Cerro del Madrigal.

Sitio	Altitud (msnm)	Tipo de clima	Temp. ½ anual (°C)	Precip ½ anual (mm)	Tipo de suelo
Juan Aldama	10	Af(m)w (i')g	24.5	3862.5	Gleysol eutrico Fluvisol gleyico
Cerro del Madrigal	350	Af(m)w (i')g	24.5	3862.5	Rendzina

Fuente INEGI (2001).

Métodos

Las lombrices fueron muestreadas en dos épocas secas (Abril y Mayo del 2002) y en lluvias (Octubre y Noviembre de 2002) utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. El primer método consistió en la revisión de terrones de suelo sin hacer referencia del área y se utilizó en cd, en sms (época de lluvias) y en c50 (época de secas). El método cuantitativo fue utilizado en c15 y c50. En cada época se realizó un transecto de 60 m de longitud, con dirección Norte-Sur, en el cual se realizaron 7 monolitos de 50 x 50 cm de lado y 40 cm. de profundidad, a intervalos de 8 m. Considerando los dos sistemas de manejo y las dos épocas se hicieron en total 28 monolitos; cada monolito estratificado a intervalos de 10 cm de profundidad. Las lombrices fueron extraídas manualmente de cada estrato y fijadas en una solución de formol al 4%. El muestreo de lombrices en la selva (sms) fue similar, pero: i) solamente se realizó en la época de lluvias, ii) el transecto fue de 50 m., iii) solo se hicieron 6 monolitos, y iv) cada monolito fue de 50 x 50 cm. de lado x 20 cm. de profundidad, con una estratificación en 2 estratos de 10 cm. profundidad.

Para cuantificar el total de turrículos superficiales en los dos cacaotales, se delimitó un cuadrante en el suelo de 50 x 50 cm. de lado paralelo al transecto y a un metro de distancia de donde se realizó cada monolito. En cada cuadrante se limpió toda la superficie de hojas, ramas, hierbas y turrículos superficiales de lombrices, con objeto de coleccionar los turrículos después de 10 y 19 días (07 Sep-02 Oct y 02 Oct-12 Oct).

Resultados

Se encontraron un total de 14 spp en los cuatro sitios (c15, c50, cd y sms), influenciadas principalmente por el manejo y el tiempo de uso del cultivo. El cacaotal de 50 años presentó 7 spp (2 nativas y 5 exóticas), el cacaotal de 15 años 3 spp (todas exóticas), el cacaotal en descanso 4 spp (1 nativa y 3 exóticas) y la selva mediana subperennifolia 6 spp (5 nativas y 1 exótica). La lista de las especies se presenta en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Abundancia (A, ind/m²) y biomasa (B, gr/m²) promedio de las especies de lombrices de tierra encontradas en una selva (sms) y tres cacaotales (c15, c50, cd) del estado de Tabasco.

	Cacaotal 50 años						Cacaotal 15 años						Cacaotal en desc.					
	Secas			Lluvias			Secas			Lluvias			Lluvias			Lluvias		
	A	B		A	B		A	B		A	B		A	B		A	B	
Nativas.....	2.857	0.022	5.714	0.658	0.517	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phenicoedrilus taste</i>																		
<i>Ramellona</i> sp. nov. 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.667	0.028	0
<i>Ramellona</i> sp. nov. 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000	0.204	0
<i>Balanteodrilus pearsei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.334	0.293	0
<i>Lavellodrilus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.667	0.015	0
<i>Lavellodrilus bonampakensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lavellodrilus riparius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplotrema</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	2.857	0.022	5.714	0.658	0.517	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.668	0.540	0
Exóticas.....																		
<i>Amyntas gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pontosclex corethrurus</i>	113.714	17.800	239.429	41.111	185.714	46.750	120.571	40.343	0	0	0	0	0	0	0	40.000	5.627	0
<i>Perisclex brachycystis</i>	1.143	0.006	5.143	0.129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Drawida barwelli</i>	58.857	1.113	112.000	4.480	3.429	0.098	17.714	0.691	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocnodrilus occidentalis</i>	0	0	4.000	0.026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dichogaster bolau</i>	2.286	0.035	1.143	0.023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	176.000	18.954	361.714	45.769	189.143	46.848	138.286	41.034	0	0	0	0	0	0	0	40.000	5.627	0
Total	178.857	18.976	367.429	46.427	189.714	46.851	138.286	41.034	0	0	0	0	0	0	0	48.668	6.167	0

* Detectado por el método cualitativo.

Abundancia y Biomasa

Las lombrices fueron más abundantes en los cacaotales que en la selva (Fig. 1). Encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) en la época de lluvias entre los dos cacaotales y entre el c50 y la sms. En esta época el c15 presentó una densidad de 138.29 ind/m², el c50 366.86 ind/m² y la sms 48.67 ind/m².

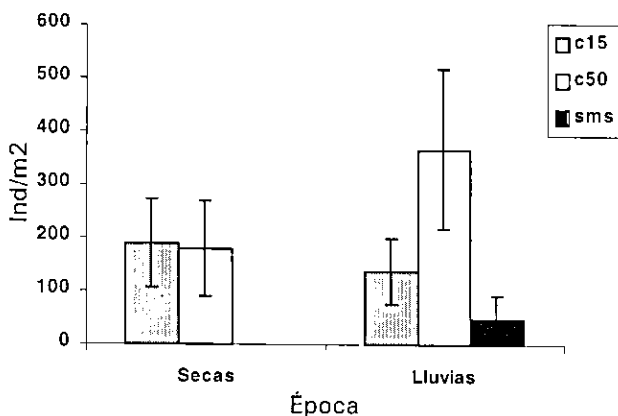


FIG. 1. Abundancia de las lombrices de tierra de dos cacaotales (c15 y c50) y una selva mediana (sms) en época de secas y de lluvias (promedio de los 4 estratos). Las barras indican el intervalo de confianza ($p < 0.05$).

Encuanto a la biomasa, en la época de secas no hubo diferencias entre los dos cacaotales, mientras que en las lluvias (Fig. 2) solo hubo diferencias significativas al comparar los dos cacaotales contra la sms, pues el cacaotal de 15 años presentó 41.03 gr/m², el cacaotal de 50 años 46.43 gr/m², y la selva solo 6.17 gr/m².

En el cuadro 2 se puede apreciar que la especie dominante en todos los ambientes y en las dos épocas de muestreo fue *Pontoscolex corethrurus*. En el c15 esta especie aportó entre el 87-98% de la abundancia total y 98-99.8% de la biomasa total. En el c50 el porcentaje fue menor, con

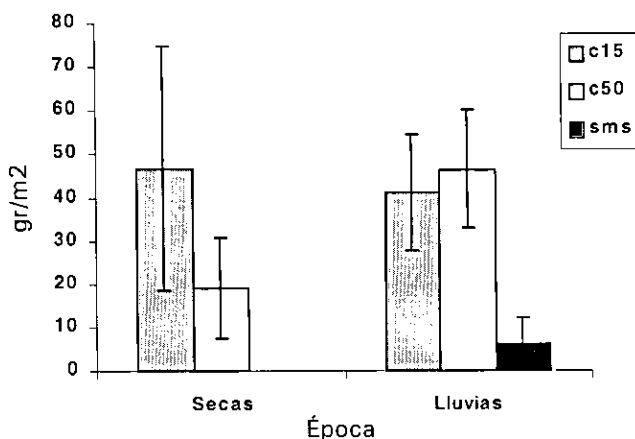


FIG. 2. Biomasa de las lombrices de tierra de dos cacaotales (c15 y c50) y una selva mediana (sms) en época de secas y de lluvias (promedio de los 4 estratos). Las barras indican el intervalo de confianza ($p < 0.05$).

un 64-65% de la abundancia total y 88-94% de la biomasa. Finalmente en la selva su aportación a la abundancia y a la biomasa total fue de 82 y 91%, respectivamente.

Otra especie que dominó en los cacaotales fue *Drawida barwelli*, con un porcentaje de abundancia en el c15 de 1.8% en secas y 12.8% en lluvias; . en c50 estos porcentajes se elevan a 32.9% en secas y 30.5% en lluvias. Su aporte a la biomasa, sin embargo fue muy reducido (menos del 1% en las dos zonas y épocas).

En cuanto a las especies nativas, la especie de mayor abundancia y biomasa fue la polihúmica *Phoenicodrilus taste*, la cual se encontró en c50 en las dos épocas y en c15 únicamente en secas. En la selva *Balanteodrilus pearsei* fue la especie nativa con la mayor contribución a la abundancia y biomasa totales (10.96% y 4.75% respectivamente); el resto de las especies aportaron solo 6.85% y 1.0% a la abundancia y biomasa total, respectivamente.

Similitud de los ambientes

Para conocer la similitud de la oligoquetofauna entre los cacaotales (c15 y c50) y la selva (sms), se realizó un análisis multivariado con la matriz de presencia/ausencia (1/0) de especies para cada monolito realizado durante la época de lluvias. La matriz de asociación se obtuvo utilizando el índice de Kulczynski (no linear, de disimilitud, con valores de 0-1 y que excluye los datos 0/0). Posteriormente se realizó un análisis de agrupación jerárquico (clusters) con el método UPGMA (programa PATN).

El dendograma obtenido se muestra en la Figura 3. Este índice separa a los monolitos realizados en dos grupos: el primero incluye a todos los monolitos de los dos cacaotales (c15 y c50), y solamente a un monolito de la selva, siendo el factor de agrupación la presencia de *P. corethrurus*. El segundo grupo, aglutinó a 4 de los 6 monolitos de la selva (el s1 no tuvo lombrices), y se caracterizó porque todos los monolitos presentaron a *B. persei*.

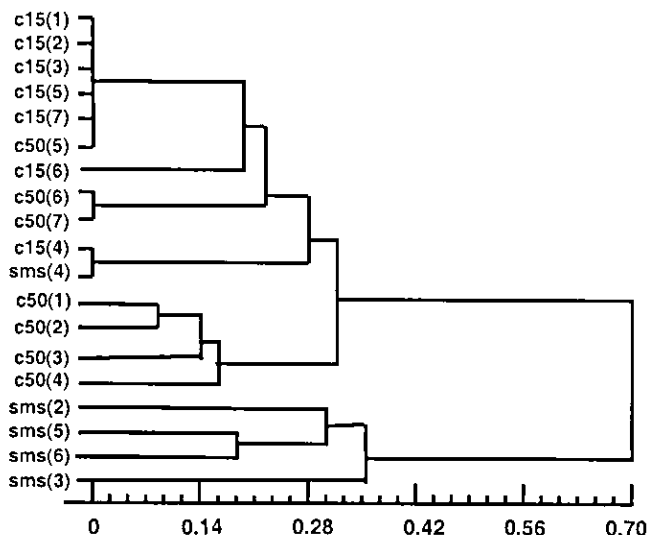


FIG. 3. Dendograma de similitud basado en el índice de asociación de Kulczynski.

Este método também separou a los cacaotales de la selva por la cantidad de especies nativas.

Actividad (Turrículos)

Durante la época de lluvias no se observaron diferencias significativas en la producción de turrículos superficiales entre los dos cacaotales ($p < 0.05$) (Fig. 4).

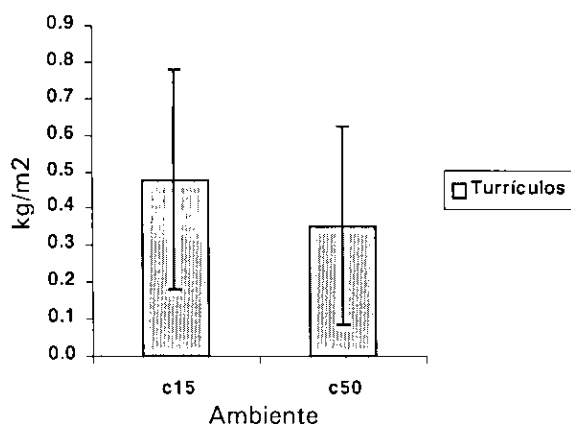


FIG. 4. Producción de turrículos durante 29 días, en los cacaotales de 15 y 50 años. Las barras indican el intervalo de confianza ($p < 0.05$).

Discusión

Los valores observados de abundancia y biomasa total de lombrices de tierra en los cacaotales y en la selva, se encuentran dentro de los rangos registrados en otros estudios de agroecosistemas y selvas tropicales del mundo (Fragoso, 1999; Fragoso et al. 1997, 1999; Gilot et al, 1995; Juárez, 2000).

Los valores encontrados en los cacaotales son relativamente comparables a los datos observados por Fragoso (1985) en Gleysoles de selvas en Chapul, México. El autor encontró 3 especies en estos

suelos, dos hidrófilas y la exótica *Pontoscolex corethrurus*; está última fue la más abundante y la mejor adaptada a estos ambientes. Los resultados encontrados en este estudio, por lo tanto, confirman la buena tolerancia de *P. corethrurus* hacia los suelos pantanosos.

En otro estudio, Fragoso (1992) observó que la siembra de cacao en las selvas tropicales de Chajul, tuvo un reducido impacto (pérdida de 2 spp nativas). Esto contrasta con lo encontrado en este trabajo, e indica que una baja perturbación puede mantener la fauna (como en Chajul), mientras que una alta perturbación afecta drásticamente la fauna nativa (como en el presente estudio).

Los diferentes estudios realizados en agroecosistemas demuestran que la perturbación influye en la pérdida de especies nativas. Fragoso et al. (1997), por ejemplo, señalan que en el sureste mexicano, el número promedio de especies nativas en ecosistemas naturales (4 spp por sitio) disminuye notoriamente en ecosistemas perturbados (1 spp por sitio).

La endogea *P. corethrurus*, por su gran plasticidad edáfica y climática, reproducción partenogenética y su sistema mutualista eficiente con las bacterias del suelo (Fragoso et al. 1999), fue la especie que se encontró con mayor porcentaje de abundancia y biomasa. Este patrón de dominancia coincide con lo observado en otros agroecosistemas y ambientes naturales del mundo (Fragoso et al. 1997; Lavelle et al. 1998).

Finalmente, se comprobó que la diversidad de especies se vio influida por el grado de intensificación agrícola y por la edad de los cultivos. Así, el cacaotal de 15 años presentó menor número de especies (3 spp) en comparación con el cacaotal de 50 años (7 spp), el cual fue más similar a la selva (6 spp). Este resultado indica que las lombrices de tierra son capaces de recolonizar los ambientes perturbados, aunque casi siempre son especies exóticas y una que otra nativa de amplia plasticidad (como la endogea polihúmica *Phoenicodrilus tastei*).

Conclusión

Los resultados de este estudio demuestran que, si bien la implantación de cacaotales en los ambientes tropicales conlleva una pérdida de especies nativas, la misma naturaleza de este cultivo permite con el tiempo la recuperación de la oligoquetofauna del suelo (principalmente exóticas). Futuros estudios en cacaotales de otras regiones tropicales del mundo deberán confirmar los patrones observados.

Agradecimientos

S. Uribe agradece al Instituto de Ecología A.C. el otorgamiento de una beca para la realización de este estudio, y el apoyo recibido en el Departamento Biología de Suelos.

Referencias

- AGROCADENAS., Mayo 2003. La cadena de cacao en Colombia. ROLDAN, L. D., M. SALAZAR Y M. TEJADA (Eds). Observatorio Agrocadenas. Colombia. Bogota, Colombia. [http://www.Agrocadenas.gov.co/cacao/documentos/caract_cacao%20. pdf](http://www.Agrocadenas.gov.co/cacao/documentos/caract_cacao%20.pdf)
- CASTAÑEDA, R., Y CÁMARA, J., 1992. La Agricultura en Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 164 pp.
- FRAGOSO, C., 1985. Ecología general de las lombrices terrestres (Oligochaeta: Annelida) de la región Boca de Chajul, Selva Lacandona, Estado de Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 133 pp.
- FRAGOSO, C., 1992. Las lombrices terrestres de la Selva Lacandona: sistemática, ecología y potencial práctico. En: VÁZQUEZ- SÁNCHEZ, M.A., M.A. RAMOS (Eds). Reserva de la Biosfera Montes azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A. C., San

Cristóbal de las Casas, Chis., (Publicaciones Especiales Ecósfera) 1: 101- 118.

FRAGOSO, C., BROWN, G.G., PATRÓN, J.C., BLANCHART, E., LAVELLE, P., PASHANASI, B., SENAPATI, B., KUMAR, T., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6: 17-35.

FRAGOSO, C., LAVELLE, P., BLANCHART, E., SENAPATI, B., JIMÉNEZ, J.J., MARTÍNEZ, M.A., DECAENS T. AND TONDOH, J., 1999. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. En: P. LAVELLE, L. BRUSSAARD Y P. HENDRIX (Eds.). *Earthworm management in tropical agroecosystems*. CAB International. Oxford, UK., pp. 27-55.

GILOT, C., LAVELLE, P., BLANCHART, J., KELI, P., KOUASSI, P. AND GUILLAUME, G., 1995. Biological activity of soil under rubber plantations in Côte d'Ivoire. *Acta Zool. Fennica* 196, 186-189.

INEGI, 2001., Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 69 pp.

JUÁREZ, R.D., 2000. Patrones de la macrofauna y meso-fauna edáficas en agroecosistemas cafetaleros con distinto grado de intensificación agrícola. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología de Xalapa, A.C. Veracruz, México. 143 pp.

LAVELLE, P., BAROIS, I., BLANCHART, E., BROWN G., BRAUSSAARD, L., DECAENS T., FRAGOSO, C., JIMÉNEZ, J.J., KAJONDO, K.K., MARTÍNEZ M.A., MORENO, A., PASHANASI, B., SENAPATI, B. AND VILLENAVE, C., 1998. Las lombrices como recurso en los agroecosistemas ropicales. *Revista Naturaleza y Recursos*. No. 1 (34): 28 – 44.

LAVELLE, P., BRUSSAARD, L. AND HENDRIX, P., 1999. *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CABI Publishing, New York, NY., USA., pp. 1-55.

Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MG, Brasil

Amarildo Pasini¹; Inês C.B. Fonseca¹; Michel Brossard²;
Maria de F. Guimarães¹

Resumo

A macrofauna do solo de Uberlândia - MG, região do Cerrado Brasileiro, foi avaliada em maio de 1997. Cinco tratamentos com latossolo (oxisols) foram considerados: Cerrado Nativo, Plantio Direto, *Braquiaria decumbens* (tradicional), *B. decumbens* (recuperada) e *B. decumbens* + *Stylosantes guianensis*. A macrofauna foi separada manualmente, determinando-se a biomassa e densidade populacional. Verificou-se que as maiores densidades populacionais foram encontradas no cerrado e no tratamento com *B. decumbens* (recuperada). A maior representatividade foi devida aos cupins (91,5%), formigas (4%), besouros (1,2%), minhocas (0,5%), e outros invertebrados (2,8%). O Cerrado, *B. decumbens* (recuperada) e *B. decumbens* + *S. guianensis* apresentaram as maiores biomassas. A macrofauna concentrou-se na camada de 0-10cm.

Palavras-chave: insetos do solo, latossolo, termitas, minhocas, *Brachiaria decumbens*.

Introdução

Nos trópicos úmidos, os macroinvertebrados são importantes agentes reguladores dos processos dos solos, afetando a fertilidade tanto do

¹ Depto de Agronomia, UEL, Londrina-PR, e-mail: pasini@uel.br

² IRD - França.

No método do transecto, em cada tratamento foram retiradas amostras de 25x25x10cm, perfazendo 20 repetições. Cada amostra foi subdividida em 3 camadas: serapilheira, 0-5 cm e 5-10cm de profundidade, avaliando-se somente a densidade populacional da macrofauna.

Para o método do monolito, realizou-se a análise de variância dos dados referentes a densidade populacional e à biomassa, através do programa SAS Windows versão 6.12 para experimento inteiramente casualizado em esquema fatorial, e complementada pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade, sendo os dados corrigidos para $\sqrt{n+0,5}$. Para o método do transecto, bem como para a comparação dos dados referentes a densidade populacional nos dois métodos, realizou-se o estudo completo de tabelas de contingência RxC, para $R \geq 2$ amostras independentes (tratamentos) e $C \geq 2$ variáveis classificatórias, de acordo com CURI (1997).

Resultados e discussão

As práticas agrícolas promoveram alterações na macrofauna de invertebrados do solo nos diferentes tratamentos. Verificou-se estatisticamente maior densidade populacional nas áreas com Cerrado e na Braquiária Recuperada, sendo, no entanto semelhantes entre si (Tabela 1).

A macrofauna foi constituída principalmente por cupins (91,5%). Em proporções baixas aparecem as formigas (4%), os coleópteros (1,2%) e as minhocas (0,5%), dentre outros (2,8%). A densidade populacional dos cupins foi estatisticamente superior nas áreas com Braquiária Recuperada e no Cerrado.

Semelhantemente à densidade populacional, a biomassa foi superior na Braquiária Recuperada e no Cerrado (Tabela 2); no entanto, também foi maior na Braquiária Consorciada. Neste caso, aparece a contribuição das minhocas e quilópodos, que embora participem com baixa densidade populacional, refletem em alta biomassa pelo grande tamanho corpóreo.

TABELA 1. Densidade populacional média (corrigida: $\sqrt{n+0,5}$) da macrofauna de invertebrados nos tratamentos submetidos aos diferentes manejos e camadas do solo.

Manejo	Camada				Total
	Serapilheira	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	
BC	2.98A ¹ a ²	10.90ABa	7.80ABa	3.44 Ba	25.12 B
BR	0.81Ac	20.09Aa	14.90Ab	15.06Ab	50.86A
BT	0.71Aa	7.38 Ba	8.83ABa	4.22 Ba	21.14 BC
CE	0.71Ac	19.34Aa	15.72Aa b	9.31ABbc	45.08A
PD	1.88Aa	5.41 Ba	3.37 Ba	1.87 Ba	12.53 C

¹ médias seguidas de letras maiúsculas iguais, em uma mesma coluna não diferem entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS = 9.97).

² médias seguidas de letras minúsculas iguais, em uma mesma linha não diferem entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS = 9.37).

TABELA 2. Biomassa média (g) da macrofauna de invertebrados nos tratamentos submetidos aos diferentes manejos. (nível de significância de 5%; DMS = 6,8752).

Manejo	Biomassa média (g/m ²)
CE	8.2192A
BR	6.9504A B
BC	3.0736A B
PD	0.8624 B
BT	0.5168 B

A representação dos cupins também foi expressiva quanto à biomassa, atingindo 82,41% do peso total computado. Em proporções inferiores apareceram os coleópteros (6,15%), minhocas (3,6%), formigas (2,83%), dentre outros (5,0%);

Verificou-se também que a profundidade do solo exerce influência sobre a macrofauna, sendo observada maior abundância na camada de 0-10cm (Tabela 1). Nesta mesma camada foi encontrada a maior quantidade de cupins, enquanto que na serapilheira a menor quantidade.

O fato de ter sido encontrado grupos taxonômicos da macrofauna semelhantes tanto na Braquiária Recuperada quanto na testemunha (Cerrado), aliado à adequada produtividade daquela pastagem, é um indicativo de que a forma de manejo adotada é passível de utilização. Pode-se considerar também que a macrofauna, representada principalmente pelos cupins, não foi prejudicial ao sistema. Mesmo sendo encontrados gêneros de algumas espécies consideradas pragas agrícolas, como *Syntermes*, *Cornitermes* e *Heterotermes*, as mesmas não foram prejudiciais economicamente às pastagens.

Para as minhocas, a interação positiva entre o tratamento Braquiária Consorciada e a camada de 10-20cm (Tabela 3) confirma a influência do manejo sobre a macrofauna. A maior cobertura vegetal fornecida ao solo pela leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv Mineirão, além da consequente umidade e oferta alimentar, propiciou aumento da população de minhocas.

TABELA 3. Densidade populacional de minhocas nos diferentes tratamentos e profundidades.

Manejo	Serapilheira	0-10cm	10-20cm	20-30cm
BC	0,94Ab	1,37Ab	2,30Aa	1,20Ab
BR	0,71Aa	1,12Aa	0,88Ba	0,88Aa
BT	0,71Aa	0,71Aa	0,71Ba	0,71Aa
CE	0,71Aa	0,71Aa	0,71Ba	0,71Aa
PD	0,71Aa	1,06Aa	0,91Ba	0,71Aa

DMS (5%) Solo/profundidade = 0,6648

DMS (5%) Profundidade/solo = 0,6246

No entanto, uma pastagem sem um manejo adequado (Braquiária Tradicional) reduz consideravelmente a macrofauna. Da mesma forma, verifica-se que no tratamento com Plantio Direto, a macrofauna foi bastante reduzida. Neste caso, possivelmente, o efeito dos produtos químicos utilizados (agrotóxicos) teve um efeito aditivo significativo, aliado ao preparo do solo com máquinas, visto que o plantio direto era recente no local.

No Plantio Direto foram coletadas larvas de coleópteros, principalmente na camada de 0-10cm. A incidência desse grupo tem sido comum em culturas agrícolas anuais do Paraná. Em certas regiões têm-se verificado redução da produção de soja e trigo por espécies pertencentes a esta ordem (Scarabaeidae, Curculionidae e Chrysomelidae), que também foram encontradas nas áreas do Cerrado. Observou-se também uma interação positiva entre o tratamento com Plantio Direto e diplópodos (piolho-de-cobra). No entanto, este grupo tem atacado cotilédones e plantas recém-emergidas também em áreas agrícolas do Paraná.

Desta forma, o manejo não adequado no ecossistema do Cerrado, pela ação do homem, pode promover complicações futuras, pois espécies potencialmente pragas, que atualmente estão em equilíbrio no sistema, podem vir a causar danos de natureza econômica.

Referências

- ANDERSON, J.M., INGRAM, J. (ed.), 1995. Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of Methods, C.A.B., Oxford, 2nd edition, 221.
- CURI, P.R. Estudos de tabelas de contingência com R multinomiais e C classes. In: Metodologia e análise da pesquisa em ciências biológicas. p.192-197, 1997.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMENEZ JAEN, J.J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. Eur. J. Soil Biol. 30(4), 157-168.
- LAVELLE, P., 1984. The soil system in the humid tropics. Biol. Int. 9, 2-17.

LEE, K.E., WOOD, T.G., 1971. Termites and soils. Academic Press, Lond, UK.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W., ANDERSON J. M., 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Studies in ecology. Blackwell Scientific, Oxford, vol. 5, 283 pp.

12

Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no cerrado

Norton P. Benito¹; Baptiste Bobillier²; Michel Brossard³; Amarildo Pasini¹

Resumo

Avaliou-se a macrofauna de invertebrados do solo em diferentes sistemas de pastagens e no Cerrado, em área de latossolo, em julho de 1999, Planaltina-GO, Brasil. Os tratamentos foram: Cerrado, Cerrado Desmatado, Brachiaria, Brachiaria Consorciada e Testemunha (Brachiaria não revolvida). A testemunha apresentou os maiores valores de densidade populacional e biomassa, com diversidade de grandes grupos igual ao Cerrado Natural. A macrofauna tende a recuperar a densidade populacional e a diversidade das populações originais das áreas trabalhadas pelo homem, principalmente termites e diplopodas.

Palavras-chave: termites, insetos, sistema tropical, pastagem consorciada.

Introdução

A macrofauna edáfica está relacionada à formação de agregados no solo, aeração, transporte e decomposição de matéria orgânica e modificação de características químicas do solo, entre outras funções, estando principalmente ligada à formação de agregados organominerais.

No entanto, ela mostra-se sensível às modificações exercidas pelo homem na implantação de sistemas agropecuários, porque toda a vegeta-

¹ Depto. de Agronomia - UEL/Londrina, PR, e-mail: npolob@uol.com.br

² Engenheiro Agrônomo - França.

³ IRD - França, e-mail: michel.brossard@mpl.ird.fr

ção natural é modificada. Para compreender como estes processos de transformação do meio ocorrem são necessários estudos sobre a dinâmica das populações, avaliando diferentes ambientes em processo de perturbação e regeneração (Decaëns et al., 1994).

Em geral, as populações de macroinvertebrados respondem as perturbações induzidas pelo manejo do solo em pastagens cultivadas. Nas savanas exploradas como pastagens naturais a influência sobre a macrofauna é menor, e, mesmo a recolonização do solo, depois de queimadas na área, é mais rápida (Decaëns et al., 1994).

As pastagens cultivadas não têm efeito devastador sobre a fauna do solo, favorecendo o aumento da biomassa e da população de alguns grupos, especialmente minhocas; em contrapartida, a densidade populacional e a riqueza taxonômica decrescem (Lavelle & Pashanasi, 1989). Decaëns et al. (1994) observaram que as minhocas foram favorecidas pelo pastejo e pelo fogo, mas o número de indivíduos decresce com o sobre pastejo, ou seja, em áreas com maior degradação, sendo favorecidos os cupins nestas áreas.

No cerrado, um dos principais problemas do desenvolvimento das pastagens é a degradação do solo. Têm-se percebido uma perda de produtividade nas pastagens devido ao manejo das mesmas, provocando modificações nas propriedades biológicas e físico-químicas do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar a macrofauna de invertebrados edáfica, através da densidade populacional e biomassa, em diferentes sistemas de pastagens e no Cerrado, a fim de melhor conhecer os aspectos biológicos do funcionamento dos solos.

Material e métodos

O trabalho realizou-se em Planaltina-GO, em área com Latossolo Vermelho Escuro, em julho de 1999. Para amostragem, delimitou-se um volume de solo de 25x25x10cm (Anderson & Ingram, 1995). Foram considerados cinco tratamentos: Cerrado Natural (Cerradão), Cerrado

Desmatado, Braquiaria Pura, Braquiaria Associada e Braquiaria Não Revolvida (Testemunha).

1. Cerrado Natural (CN): vegetação nativa submetida a leve pastoreio pelo gado.
2. Cerrado Desmatado (CD): o desmatamento ocorreu dois meses antes da amostragem. A derrubado do cerrado foi realizado com tratores de esteira, provocando uma destruição da superfície orgânica do solo, sendo amontoada a vegetação para posterior queima.
3. Braquiaria Pura (BP): pastagem revolvida, com *Brachiaria brizantha* cv *marandu*.
4. Braquiaria Associada (BA): pastagem revolvida com posterior associação da *Brachiaria brizantha* cv *marandu* com a leguminosa *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. *minerão* sendo esta última semeada em 10/02/1999.
5. Braquiaria Não Revolvida (TE) : pastagem com *Brachiaria brizantha* cv *marandu*, sem ser revolvida.

Em laboratório, a macrofauna foi separada do solo manualmente e colocada em álcool 75°GL, após está etapa ela foi classificada e pesada.

Resultados

A testemunha apresentou uma densidade populacional e biomassa superiores as outras parcelas, com uma riqueza taxonômica bem próxima a vegetação natural (Tabela 1).

O Cerradão apresentou uma densidade média total relativamente elevada embora com biomassa baixa. Neste sistema verificou-se a maior riqueza taxonômica (Tabela 1).

A partir dos dados médios, estabeleceu-se os histogramas apresentando a importância relativa dos diferentes taxons em função do tratamento (Figuras 1 e 2).

TABELA 1. Riqueza taxonômica, densidade populacional e biomassa média da macrofauna do solo nos diferentes tratamentos. Planaltina-GO, julho - 1999.

Tratamento	Biomassa (g.m ⁻²)	Densidade pop. (ind.m ⁻²)	Riqueza taxonômica
Cerradão	2.4	512	17
Cerrado Desmatado	1	251.2	13
Testemunha	6.5	761.6	16
Brachiaria Pura	2	292.8	12
Brachiaria Associada	1.3	139.2	12

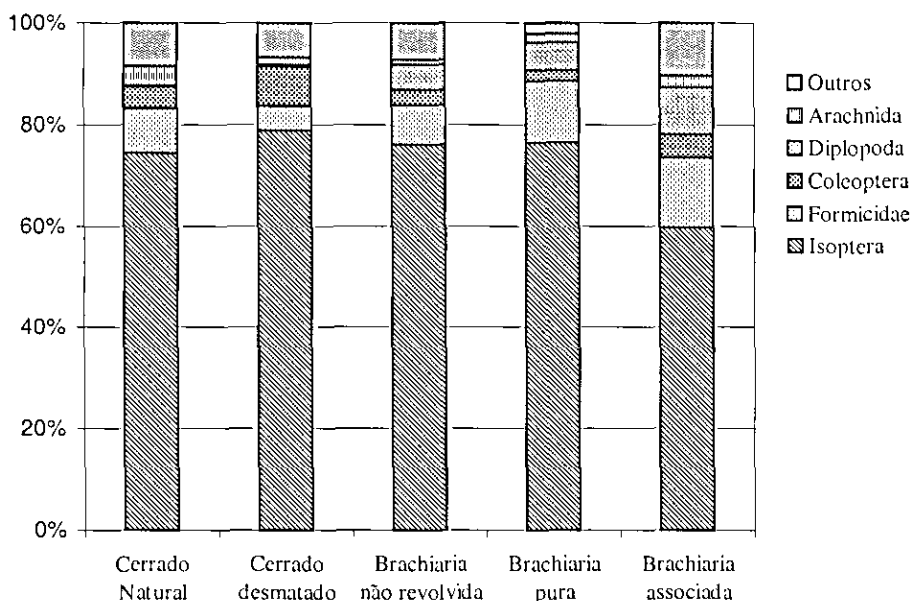


FIG. 1. Densidade populacional relativa (porcentagem) dos táxons da macrofauna nos diferentes tratamentos.

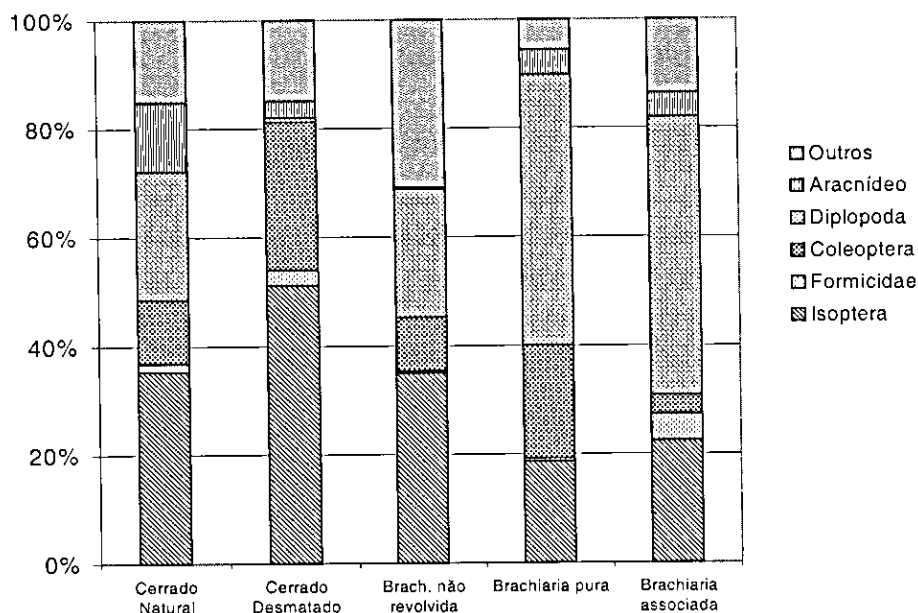


FIG. 2. Biomassa relativa (porcentagem) dos táxons da macrofauna nos diferentes tratamentos.

Observa-se a importância dos cupins, perfazendo aproximadamente 70% dos indivíduos em todos os tratamentos (Figura 1). A dominância deste grupo é explicada pelo fato de serem insetos sociais, com muitos indivíduos por ninho, e por sua ampla distribuição nos tratamentos.

Ocorreu uma baixa incidência de minhocas nas amostragens, apenas um indivíduo foi encontrado no tratamento da Brachiaría Associada.

Com relação à biomassa, os histogramas são notadamente modificados (Figura 2). A importância relativa dos cupins é menor, bem como as formigas, sendo encontrados somente indivíduos pequenos, refletindo em baixa biomassa. Por exemplo, no que concerne as formigas, não foi encontrado o gênero *Atta*, que são as formigas cortadeiras de grande porte. Semelhantemente, a grande maioria de gêneros de cu-

pins encontrados são de pequeno porte, o gênero *Syntermes*, que são cupins de grande porte, não foi encontrado.

Porém, nos grupos dos coleopteros e diplopodos, as biomassas relativas foram elevadas, como consequência do tamanho dos indivíduos.

No Cerrado desmatado notou-se o desaparecimento dos diplopodos, sendo devido a retirada da matéria orgânica em decomposição.

Embora tenha verificado-se a destruição recente dos cupins de montículo nas duas pastagens renovadas e na área desmatada, encontrou-se representantes destes gêneros edificadores nos tratamentos. Na testemunha, onde a destruição dos cupinzeiros ocorreu com dois anos de antecedência, encontrou-se unicamente espécies edificadoras.

Verificou-se que os gêneros consumidores de madeira não foram encontrados no Cerrado Natural, embora esta parcela tenha apresentado o maior número de gêneros (8).

Na testemunha, bem como na Braquiária Pura, quase a totalidade dos gêneros encontrados são consumidores de serapilheira e podem representar potencialmente as pragas das plantas forrageiras cultivadas.

Por outro lado, na parcela Braquiária Associada com *Stylosanthes* verificou-se principalmente os gêneros consumidores de terra e matéria orgânica (em particular o gênero *Labiatermes*). Cabe ressaltar que esta parcela é semelhante em todos os pontos ao tratamento Braquiaria Pura.

Pode-se ressaltar que a macrofauna consegue recuperar-se quando um manejo é realizado, mas principalmente cupins e diplopodos.

Discussão

O tratamento com Brachiaria que serviu de testemunha, apresentava uma pastagem degradada, porém conteve maior densidade populacional por m² (~549 ind/m²) devido aos cupins e formigas, principalmente os cupins, que podem ser considerados uma espécie pioneira, multiplicando-se em áreas degradadas onde a pouca compe-

tição e alimento disponível. No Cerrado Natural foi encontrada a segunda maior densidade populacional, também devido aos cupins, mas, o número de espécies identificadas e a diversidade de regimes alimentares foi maior. O maior número de espécies identificadas neste tratamento foi devido a maior presença de soldados (que são usados para identificação da espécie), mostrando que em um meio de maior competição as colônias de cupins apresentam maior número de soldados, e em meios de menor competição, apresentam poucos soldados e muitas operárias.

A classificação hierárquica direta, feita com a densidade populacional dos tratamentos, apresenta os tratamentos cerrado desmatado e as Brachiarias renovadas próximas e com os menores valores calculados, o cerrado natural apresenta-se com um valor médio no gráfico, estando a testemunha com o maior valor calculado de distância. Este valor mediano do cerrado natural indica uma estabilidade para os organismos sobreviverem, estabilidade que não é encontrada nas 3 áreas recém trabalhadas, mas apresentam também um maior grau de competição e nichos diferentes para a macrofauna não permitindo que apenas uma espécie sobressaia e sobreviva na área, como a testemunha apresenta.

O cerrado natural apresentou mais predadores, principalmente, maior biomassa destes predadores, devido maior disponibilidade de pressas. Os escorpiões e as aranhas tiveram maior biomassa no cerrado natural, enquanto o chilopodas aumentaram na testemunha.

As 3 áreas recém trabalhadas, as Brachiarias renovadas e o cerrado desmatado, independente da constituição da macrofauna original, sofreram queda acentuada de organismos.

Para saber os efeitos dos tratamentos realizados nas Brachiarias renovadas, sobre a macrofauna, outras avaliações terão que ser realizadas, para que haja tempo para o restabelecimento da macrofauna nestas áreas. Em curto prazo (4 meses) apenas o efeito do trabalho das máquinas sobre o solo pode ser notado nas populações de organismos.

Referências

- ANDERSON, J.M., INGRAM, J. (ed.), 1995. Tropical Soil Biology and Fertility - A handbook of Methods, C.A.B., Oxford, 2nd edition, 221.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMENEZ JAEN, J.J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil Biol.* 30(4), 157-168.
- LAVELLE, P., PASHANASI, B., 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33, 283-291.

Norton P. Benito¹; Maíra Roessing²; Amarildo Pasini³; George G. Brown⁴

Resumo

Avaliou-se a macrofauna do solo em áreas de pastagens, analisando como o manejo do homem interfere nesses invertebrados, observando mudanças na diversidade e densidade populacional. As coletas de solo foram realizadas no município de Jaguapitã, em áreas de Latossolo Vermelho textura arenosa. Essas coletas foram realizadas em duas etapas. Uma no inverno, período de seca, e outra no verão. Foram estudadas quatro condições de uso do solo: mata nativa; pastagem degradada, formada por uma mistura de *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* Stapf e *Paspalum* sp; pastagem recuperada, formada por *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* Stapf; e pastagem em recuperação, ocupada com *Avena strigosa*. De cada tratamento foram retirados 5 monólitos (25X25X30 cm) distanciados em 10 metros. A macrofauna foi retirada manualmente e colocada em álcool 75 °GL, depois contada e separada nos grupos taxonômicos. Verificou-se que a densidade populacional da macrofauna apresentou valores maiores na coleta de inverno que na de verão, além de uma maior diversidade. A pastagem degradada (PD), apresentou maior diversidade que a pastagem recuperada (PR) e que a área em recuperação (AV), mostrando que quanto mais recente a interferência do homem no sistema solo, menor a diversidade de organismos.

¹ Aluno do curso de Pós-graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina, e-mail: npolob@uol.com.br

² Aluna do curso de Graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina.

³ Professor do Departamento de Agronomia - Universidade Estadual de Londrina.

⁴ Embrapa Soja; Cx. Postal 231, 86001-970, Londrina, PR; e-mail: browng@cnpso.embrapa.br

Introdução

O Brasil tem cerca de 105 milhões de hectares de pastagens cultivadas. Desse total, calcula-se que pelo menos 50% estão degradadas ou em processo de degradação. O problema também atinge áreas que ainda não foram ocupadas pela pecuária.

As pastagens cultivadas não têm efeito devastador sobre a fauna do solo, favorecendo o aumento da biomassa e da população de alguns grupos, especialmente minhocas (Decaëns et al., 1994); em contrapartida, a densidade populacional e a riqueza taxonômica decrescem (Lavelle & Pashanasi, 1989), em áreas com maior degradação os cupins são favorecidos (Decaëns et al., 1994).

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da recuperação das pastagens sobre a macrofauna do solo na região do arenito em Jaguapitã-PR.

Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Jaguapitã situado à latitude de 23°00'S, longitude de 51°30'O e altitude média de 550 m, em Latossolo Vermelho textura arenosa. O clima segundo classificação de Köppen é Cfa, mesotérmico úmido.

As amostragens da macrofauna ocorreram em duas datas. Uma no inverno, período de seca, e outra no verão. Foram coletados cinco monólitos em cada área, com dimensões 25x25x30 cm, distanciados em 10 metros, seguindo um transecto dentro da área de amostragem, de acordo com a metodologia do Tropical Soil Biology and Fertility Program (Anderson & Ingram, 1993). Os monólitos foram divididos em quatro camadas: serrapilheira, 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. A macrofauna foi retirada manualmente do solo e colocada em álcool 75°GL, depois separada em grupos taxonômicos e contada.

Foram estudadas quatro condições de uso do solo: MT: mata nativa; PD: pastagem degradada, formada por uma mistura de *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf e *Paspalum* sp;

PR: pastagem recuperada, formada por *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf; e AV: pastagem em recuperação, ocupada com *Avena strigosa* Schreb.

A área de mata nativa (MT) constitui-se num fragmento de vegetação original existente no Arenito Caiuá, denominada floresta tropical subperenifólia. As árvores de maior porte foram retiradas na época da colonização, na década de 50, e restou uma vegetação menos exuberante, formada por espécies rasteiras, arbustivas e arbóreas de pequeno porte. Esta área representa o solo da região em condições naturais, sem interferência antrópica até o momento, sendo considerada como referência da macrofauna existente no solo.

Resultados e discussão

A densidade populacional da macrofauna (Tabelas 1 e 2) apresentou valores maiores na coleta de inverno que na de verão, além de uma maior diversidade, devido, principalmente, as formigas e cupins.

A mata apresentou a maior diversidade de grandes grupos taxonômicos devido apresentar maior diversidade de plantas e microclimas, oferecendo maior variedade de alimento e refúgio para os organismos. Nesta área apareceu o maior número de aracnídeos, diplopoda, Isoptera, Chilopoda, Carabidae e larvas de Elateridae e Curculionidae.

A pastagem degradada (PD) apresentou o maior número de formigas, principalmente no inverno, época em que estes insetos apresentaram maior atividade. Também apareceram em grande quantidade cigarrinhas, heterópteros fitófagos e scarabaeidae, principalmente larvas, pragas que se alimentam das raízes de gramíneas. Os Heterópteros fitófagos, apresentaram maior abundância no verão e com maior intensidade nas camadas de 10-20 e 20-30 cm de profundidade.

A pastagem em recuperação (AV) apresentou maior número de Staphylinidae e larvas de Scarabaeidae e Lagriidae. Em todas as áreas há maior diversidade de coleópteros no inverno, devido ao ciclo deste inseto, que se encontram em fase de larva no solo.

TABELA 1. Densidade populacional da macrofauna invertebrada do solo (inverno). Jaguapitã, PR. AV - pastagem em recuperação; PR - pastagem recuperada; PD - pastagem degradada; MT - mata nativa.

Macrofauna		AV	PR	PD	MT
Formiga	Cortadeira	0	11	13	0
	Outras	49	1196	1193	284
Coleop. adulto	Lagriidae	2	1	1	0
	Scarabaeidae	9	58	18	8
	Carabidae	1	1	1	4
	Staphylinidae	24	7	7	3
	Passalidae	0	8	8	0
	Outros	1	2	1	1
	Lagriidae	1	5	5	0
Coleop. larva	Scarabaeidae	106	37	22	6
	Elateridae	5	7	6	10
	Curculionidae	0	2	1	2
	Carabidae	6	1	0	19
	Outros	0	3	3	2
Homoptera	Cigarrinha	0	2	2	1
Heteroptera	Fitófagos	27	98	136	0
	Predadores	0	4	2	0
Isoptera	Isoptera	10	159	223	880
Lepidoptera	Larva	0	0	0	1
Diptera	Tipulidae	0	0	0	17
	Outros	0	0	0	8
Hymenoptera	Outros	0	1	1	1
Diplopoda	Diplopoda	0	2	2	15
Chilopoda	Chilopoda	3	0	0	15
Aracnídeos	Aracnídeos	2	8	6	16
Moluscos	Moluscos	0	0	0	1
Orthoptera	Orthoptera	0	1	3	0
Crustaceo	Crustaceo	0	2	2	0
Oligocheta	Oligocheta	78	15	16	0

TABELA 2. Densidade Populacional da macrofauna invertebrada do solo (verão). Jaguapitã, PR. AV - Pastagem em recuperação; PR - Pastagem recuperada; PD - Pastagem degradada; MT - Mata nativa.

Grupos da macrofauna		AV	PR	PD	MT
Hymenoptera	Formicidae	1	3	58	56
	Scarabaeidae	3	10	21	6
	Carabidae	0	0	0	1
	Staphylinidae	0	10	0	0
	Passalidae	1	1	1	0
Coleop. adulto	Scarabaeidae	16	31	28	21
	Elateridae	1	3	2	7
	Carabidae	3	2	12	12
Coleop. larva	Cigarrinha	1	0	4	0
	Heteroptera	20	151	365	0
	Fitófagos	0	44	138	247
Homoptera	Isoptera	0	44	138	247
Lepidoptera	Larva	0	0	1	0
Diplopoda	Diplopoda	0	0	0	4
Chilopoda	Chilopoda	0	0	0	7
Aracnídeos	Aracnídeos	1	0	1	0
Moluscos	Moluscos	0	0	0	10
Oligocheta	Oligocheta	1	8	4	2

A pastagem recuperada (PR) não apresentou grande densidade de organismos no verão. No inverno o número de formigas, Scarabaeidae e heterópteros fitófagos aumentou.

A pastagem degradada (PD), apresentou maior diversidade que a pastagem recuperada (PR) e que a área em recuperação (AV), mostrando que quanto mais recente a interferência do homem no sistema solo menor a diversidade de organismos.

Os anelídeos apareceram com intensidade muito maior no inverno e principalmente na pastagem em recuperação, concentrados na camada de 10-20.

Nas pastagens recuperadas e em recuperação, a quantidade de algumas pragas diminuiu, porém houve uma queda na diversidade de organismos predadores e benéficos ao solo.

Referências

- ANDERSON, J. M., INGRAM J., 1993. Tropical soil biology and fertility, a handbook of methods. C.A.B., Oxford, 2nd ed., 221pp.
- DECAËNS, T., LAVELLE, P., JIMENEZ JAEN, J. J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil Biol.* 30(4), 157-168.
- LAVALLE, P., PASHANASI, B., 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*

Norton P. Benito¹; Maria de F. Guimarães²; Ricardo Ralisch²;
Amarildo Pasini²; Êmerson D. M. de Oliveira¹

Resumo

Com o objetivo de avaliar o impacto do preparo do solo sobre a macrofauna, parte de uma área de semeadura direta foi revolvida com uma gradagem e semeada com soja. Nos dois sistemas, semeadura direta (SD) e preparo convencional (PC), foram coletados seis monólitos de 25x25x30 cm, em três épocas. A macrofauna foi retirada manualmente do solo, separada em grupos taxonômicos, contada e pesada. Os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). Dos grupos edáficos coletados alguns sofreram mudanças no sistema PC. O grupo de predadores, aracnídeos e chilópodas, diminuíram no PC, tendo maior correlação com o sistema SD; e enquitreídeos e diplópodas, consumidores de matéria orgânica em decomposição, aumentaram, correlacionando-se mais com o sistema PC.

Palavras-chave: semeadura direta, preparo convencional, predador, enquitreídeo, diplopoda.

Introdução

O Sistema de Plantio Direto caracteriza-se pelo acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo. Esta cobertura diminui as perdas de água por evaporação, evita altas temperaturas de solo, reduz as perdas de maté-

¹ Alunos do curso de Pós-graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina - UEL, e-mail: npolob@uol.com.br

² Professores do Departamento de Agronomia - UEL

ria orgânica, melhora a agregação do solo e provoca alterações na fertilidade servindo como um reservatório de nutrientes (Sidiras & Pavan, 1985; Bragagnolo & Mielniczuk, 1990; Castro Filho et al., 1998; Bayer et al., 2000).

A cobertura de resíduos vegetais favorece o estabelecimento da macrofauna invertebrada do solo, justamente, pela menor variação da umidade e temperatura, a proteção contra raios solares e chuva, e como fonte de alimento. Estas condições favorecem a interação da macrofauna com o sistema, tendo como papel a formação de agregados e canais no solo, favorecendo a aeração e o movimento de água, transporte e decomposição de matéria orgânica, entre outras funções (Lee & Foster, 1991).

Em sistemas de preparo convencional há uma constante incorporação ou queima dos resíduos vegetais afetando as populações da macrofauna que sofrem um decréscimo na densidade populacional, na biomassa e riqueza taxonômica (Decaëns et al.; 1994), sendo lenta a recolonização do sistema (Lavelle & Pashanasi, 1989).

Alguns grupos da macrofauna, nestas áreas, podem responder como bioindicadores. Isto ocorre porque espécies ou grupos de espécies bioindicadoras relacionam-se com características do meio ambiente e respondem as mudanças ocorridas nele (Paoletti, 1999).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos em curto prazo, da mudança de um sistema de semeadura direta para um sistema de preparo convencional do solo, sobre a macrofauna invertebrada.

Material e métodos

O estudo foi realizado em um Latossolo vermelho eutroférico sob o sistema de semeadura direta no município de Londrina, Paraná.

As culturas soja, milho e trigo são cultivadas na área desde de 1991, no sistema convencional, e há quatro anos, no sistema de semeadura direta.

A área de semeadura direta foi dividida em quatro parcelas de 800m² (40m x 20m), duas parcelas mantiveram o sistema de semeadura direta (SD) e as outras receberam o preparo convencional (PC), que consistiu de uma aração e uma gradagem niveladora.

Foram coletados dados da macrofauna invertebrada do solo, em três épocas: a primeira **antes da semeadura** (02/10/2000), sobre os restos da cultura do trigo; a segunda, **após a semeadura da soja** (01/11); a terceira no **pleno florescimento da cultura** (15/12). Onze dias após a primeira coleta foi realizada a aplicação de herbicida nas parcelas de SD e a aração e a gradagem no PC, sendo então, toda a área semeada.

Foram retirados seis monólitos de cada sistema, sendo separados em quatro camadas: serapilheira, 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm (Anderson & Ingram, 1993). A macrofauna foi retirada do solo manualmente e conservada em álcool 75°GL. Depois, os indivíduos dos diferentes grupos taxonômicos, foram contados e pesados.

Foi utilizada a análise de componentes principais (ACP) para observar os agrupamentos dos tratamentos com maior similaridade, e relacionar quais variáveis (grupos taxonômicos) correlacionavam-se com estes agrupamentos. O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado para densidade populacional e biomassa dos grupos da macrofauna de cada tratamento (SD e PC).

Resultados e discussão

O sistema SD, com pouco tempo de implantação (4 anos), não diferiu estatisticamente do PC em relação à biomassa e densidade populacional, assim como no número de grupos taxonômicos encontrados, apesar da macrofauna, logo após o preparo solo, ter um decréscimo em relação ao SD (Tabela 1). Os valores encontrados nos dois sistemas foram próximos aos obtidos por Lavelle & Pashanasi (1989) e Decaëns et al.(1994) em cultivos anuais.

No entanto, alguns grupos da macrofauna sofreram mudanças devido ao preparo do solo, sendo possível diferenciar os sistemas SD e PC ao

TABELA 1. Densidade populacional (ind/m²) e biomassa (g/m²) da macrofauna dos sistemas semeadura direta (SD) e preparo convencional (PC) nas três épocas de coleta, antes da semeadura da soja, após a semeadura da soja e no pleno florescimento da cultura. Área de latossolo vermelho eutroférico, Londrina, PR, 2000.

	Antes da semeadura		Após a semeadura		Pleno florescimento	
	Densidade	Biomassa	Densidade	Biomassa	Densidade	Biomassa
SD	1266,7	2,87	3341,3	3,66	858,7	2,30
PC	*	*	1520,0	2,45	821,3	4,61

* na primeira coleta o tratamento PC não havia sido instalado.

longo das coletas. Na coleta após a semeadura da soja as camadas superficiais do solo (serapilheira e 0-10cm) na área de SD, diferenciaram-se do PC em relação aos grupos de aracnídeos, chilopodas e diplopodas. O PC não apresentou macrofauna na serapilheira. As camadas de 10 a 30 cm dos dois sistemas mantiveram-se bem próximas, formando um agrupamento, mantendo maior similaridade entre SD e PC (Figura 2).

No pleno florescimento da cultura da soja os sistemas SD e PC formaram cada qual um agrupamento distinto no gráfico da ACP, mostrando diferenças em relação à fauna, principalmente, para os grupos que dependem da serapilheira (abrigo ou alimento), como aracnídeos, chilopodas (predadores) e enquitreídeos e diplopodas (saprófagos) (Figura 3).

Na ACP, antes do preparo do solo (Figura 1), os dois primeiros eixos representaram 92,61% das informações, tendo 100% em 3 eixos. Nas outras coletas, com a menor similaridade entre SD e PC, os dois primeiros eixos passaram a apresentar menos informações da macrofauna (Figuras 2 e 3), mostrando o distanciamento entre os dois sistemas devido a maior heterogeneidade dos dados.

A macrofauna, tanto no sistema SD como no PC, apresentaram os grupos taxonômicos correlacionados principalmente com a camada de

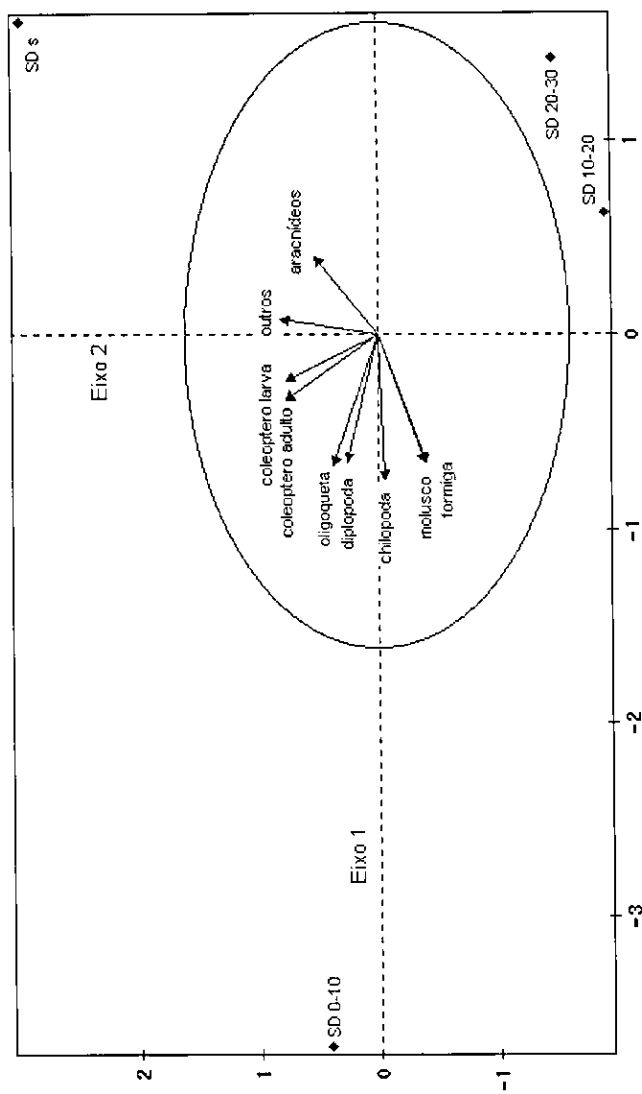


FIG. 1. Análise de Componentes Principais (ACP) da macrofauna invertebrada do solo, utilizando dados de densidade populacional. Primeira coleta (02/10/00), antes da semeadura da soja. Eixo 1 com 51,56% e eixo 2 com 41,05% das informações (Total 92,61%). SD corresponde a semeadura direta, nas camadas "s" serapilheira, "0-10", "10-20" e "20-30" cm de profundidade. Londrina, PR, 2000.

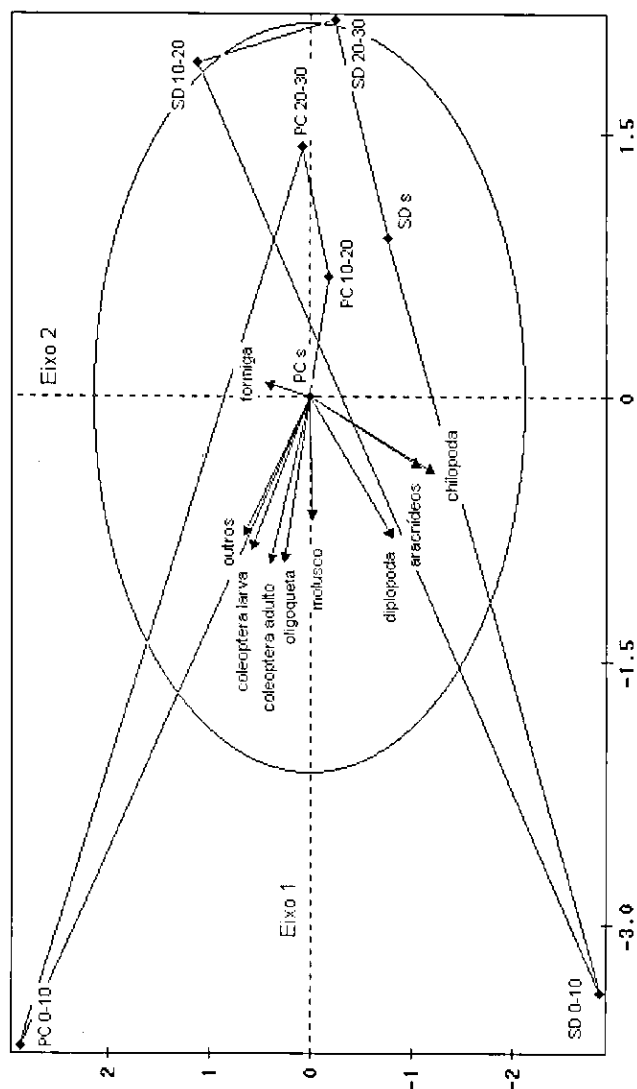


FIG. 2. Análise de Componentes Principais (ACP) da macrofauna invertebrada do solo, utilizando dados de densidade populacional. Segunda coleta (01/11/00), após a semeadura da soja. Eixo 1 com 51,07% e eixo 2 com 25,67% das informações (Total 76,74%). Tratamentos SD (semeadura direta) e PC (preparo convencional), nas camadas "s" serapilheira, "0-10", "10-20" e "20-30" cm de profundidade. Os traços ligando as profundidades de cada sistema mostram SD e PC mais próximos (similares) nas camadas de 10 a 20 e 20 a 30 cm. Londrina, PR, 2000.

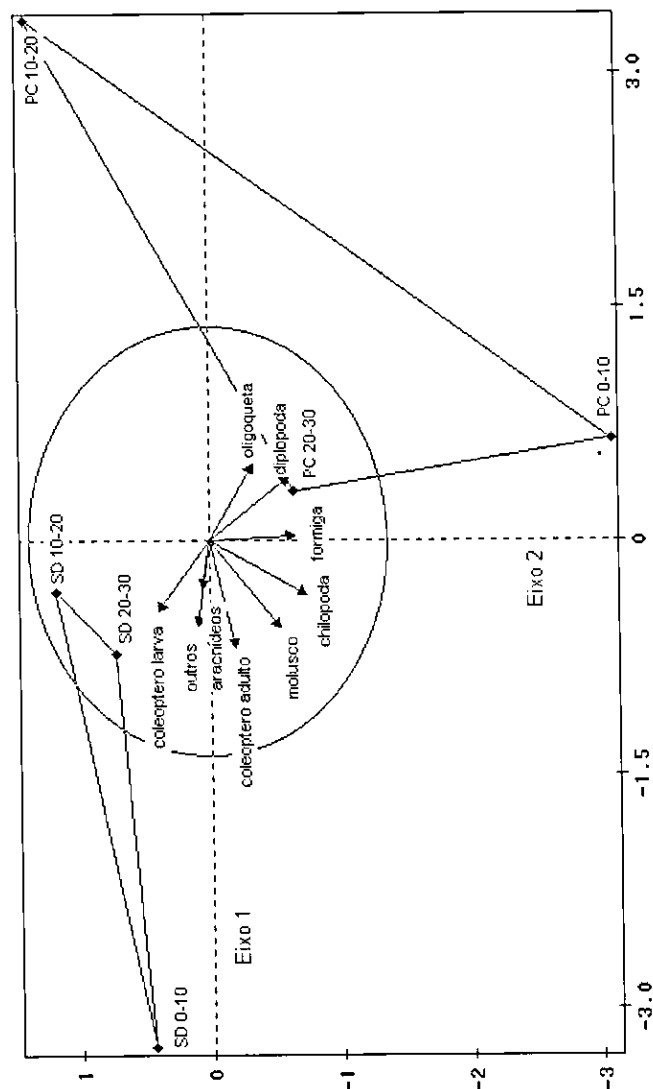


FIG. 3. Análise de Componentes Principais (ACP) da macrofauna invertebrada do solo, utilizando dados de densidade populacional. Terceira coleta (15/12/00), no pleno florescimento da cultura da soja. Eixo 1 com 42,44% e eixo 2 com 26,02% das informações (Total 68,46%). Tratamentos SD (semeadura direta) e PC (preparo convencional), nas camadas "s" serapilheira, "0-10", "10-20" e "20-30" cm de profundidade. Os traços ligando as profundidades de cada sistema mostram SD e PC em agrupamentos distintos sem sobreposição. Londrina, PR, 2000.

0 a 10 cm, nas três coletas. A presença de grande parte da macrofauna nesta camada está relacionada com a presença da serapilheira que serve como abrigo e alimento para muitos invertebrados (Decaëns et al., 1998). Apenas as formigas, após a semeadura da soja, tiveram maior correlação com a profundidade 10 a 20 cm no SD (Figura 2).

Poucos grupos da macrofauna foram encontrados na camada de serapilheira. No PC após a incorporação dos resíduos vegetais a macrofauna não foi encontrada sobre o solo. No SD a macrofauna não foi encontrada na serapilheira na última coleta. Tal fato, pode ter explicação nos períodos de seca que ocorreram, um logo após a semeadura da soja, com duração de 2 semanas, e outro antes da coleta, no pleno florescimento da cultura, com duração de 8 dias, estimulando a fauna a procurar camadas mais profundas do solo.

Tais períodos secos podem ter afetado as oligochetas em ambos sistemas, que tiveram sua população reduzida na última coleta (Jiménez et al., 1998).

Os enquitreídeos (oligochetas) tiveram uma maior correlação com o PC, na camada de 0-10 cm, observado o círculo de correlações da ACP, tanto após o preparo do solo como no pleno florescimento da cultura. Os enquitreídeos são consumidores de matéria orgânica e de microrganismos consumidores da serapilheira. O revolvimento e a incorporação de resíduos no PC favoreceu o aumento deste grupo.

Os diplopodas influenciaram bastante os valores de biomassa total em ambos tratamentos, com valores de 0,5 e 3,2 g no PC, e 1,39 e 1,28 g no SD, na segunda e terceira coletas, respectivamente. Houve aumento da biomassa deste grupo no PC, mas a densidade em ambos tratamentos manteve-se similar.

Coleópteros e formigas tiveram variações em suas populações dentro dos dois sistemas, não sendo somente influenciados pelo manejo, mas, também, pelo clima e desenvolvimento da cultura.

Pela análise de correlação de Pearson apenas no SD houve uma correlação significativa e positiva entre moluscos e coleópteros adultos (correlação de 0,8646; $p > 0,0001$), que pode observar-se também na ACP,

estando estes dois grupos correlacionados com o SD, principalmente, na camada 0-10 cm.

O preparo convencional do solo, sobre SD, modificou as populações de macrofauna, a ponto de ser possível separar os dois tratamentos, devido a mudanças das populações de alguns grupos da macrofauna. O SD teve maior relação com grupos de predadores (aranhas e chilopodas) concordando com Robertson et al. (1994), e o PC correlacionou-se mais com enquitreídeos (oligochetas) e outros consumidores de serapilheira em decomposição.

O preparo do solo alterou a macrofauna de invertebrados presente na SD, em curto espaço de tempo. Alguns predadores, aracnídeos e chilopodas, tenderam a diminuir no PC, comparado ao SD. Os consumidores da serapilheira, enquitreídeos e diplopodas, correlacionaram-se mais com o PC. Os grupos edáficos que colonizam camadas 10 a 30 cm do solo, não são modificados neste curto espaço de tempo.

Referências

- ANDERSON, J. M. & J. INGRAM. 1993. Tropical soil biology and fertility, a handbook of methods. 2nd ed., Oxford, C.A.B. 221p.
- BAYER, C. MIELNICZUK, J. & MARTIN-NETO, L. 2000. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 599-607.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. 1990. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14: 91-98.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A. L. 1998. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 527-538.

- DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMENEZ JAEN, J.J.; ESCOBAR, G. & RIPPSTEIN, G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *European Journal Soil Biology*, 30 (4): 157-168.
- DECAËNS, T.; DUTOIT, T.; ALARD, D. & LAVELLE, P. 1998. Factors influencing soil macrofaunal communities in post-pastoral successions of western France. *Applied Soil Ecology*, 9: 361-367.
- JIMÉNEZ, J. J.; MORENO, A. G.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; FISHER, M. J. & THOMAS, R. J. 1998. Earthworm communities in native savannas and man-made pastures of the eastern plains of Colombia. *Biol. Fertil. Soils*, 28: 101-110.
- LAVELLE, P. & B. PASHANASI. 1989. Soil macrofauna and land management in peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33: 283-291.
- LEE, K. E. & FOSTER, R. C. 1991. Soil fauna and soil structure. *Australian Journal Soil Research*, 29: 745-775.
- PAOLETTI, G. M. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 1-18.
- ROBERTSON, L. N.; KETTLE, B. A. & SIMPSON, G. B. 1994. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 48: 149-156.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M. A. 1985. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9: 249-254.

15 Influência de sistemas de cultivo sobre a macrofauna invertebrada do solo

Norton P. Benito¹; Maria de F. Guimarães²; Amarildo Pasini²

Resumo

Estudou-se os efeitos de sistemas agrícolas sobre a macrofauna invertebrada do solo, analisando as influências que estes sistemas tem sobre a mesma, comparando com uma área de mata. O experimento foi realizado em área de latossolo roxo, em Bela Vista do Paraíso-PR, com amostragens em dezembro de 1998 e agosto de 1999. Realizou-se o levantamento populacional e da biomassa nos seguintes tratamentos: mata, preparo convencional (PC), semeadura direta com escarificação (SDE) e semeadura direta (SD). Em cada área foram retirados cinco blocos de solo de 25 X 25 X 30 cm de profundidade; cada bloco foi separado em três camadas: 0-10 , 10-20 , 20-30 . Foi contada a macrofauna , sendo classificada nos grupos taxonômicos e pesada. Observou-se que a mata é um importante fator na manutenção da diversidade para a macrofauna tanto em períodos de chuva como de seca, assim como um importante refúgio nos períodos de seca. Os tratamentos SD, SDE e PC apresentaram pouca diferença analisados pelos dendrogramas da análise classificatória, mas foi possível notar os efeitos dos diferentes sistemas na macrofauna.

Palavras-chave: latossolo roxo, plantio direto, preparo convencional, diversidade da macrofauna.

¹ Aluno do curso de Pós-graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina - UEL, e-mail: npolob@uol.com.br

² Professores do Departamento de Agronomia - UEL.

Introdução

Modificações no ambiente exercem influência, não somente no número, como também nas espécies de organismos do solo. A transformação de áreas de florestas ou de pastagens para cultivo implica numa mudança drástica no meio. Ao derrubar as matas para implantar a agricultura, o homem remove sistemas ecológicos complexos, multi-estruturados, extremamente diversificados e estáveis, levando o processo de sucessão ecológica aos primeiros estágios de imaturidade, simplicidade e instabilidade. No final, toda uma complexa e estável teia alimentar é substituída por cadeias alimentares simplificadas de alguns poucos produtores, herbívoros, carnívoros e decompositores (Paschoal, 1979).

Nos agroecossistemas a queima da palha, o preparo do solo, as monoculturas extensivas e o uso de inseticidas são os fatores de maior influência na quebra do fluxo de energia na natureza. A sucessão de duas culturas anuais extensivas expondo tipos diferentes de alimentos em grande quantidade, propícia a explosão de populações de espécies que se tornam pragas (Gassen & Gassen, 1996).

Nas regiões de clima subtropical e tropical a atividade biológica é muito intensa, com enorme diversidade de espécies de organismos. Com a evolução do plantio direto, a fauna do solo deve ser reavaliada, dada a importância econômica e ecológica desses organismos (Gassen & Gassen, 1996).

Estudou-se os efeitos de sistemas agrícolas, semeadura direta e preparo convencional, sobre a macrofauna invertebrada do solo, analisando quais as relações que estes sistemas tem sobre a mesma, comparando com uma área de mata.

Material e métodos

O experimento foi realizado em Bela Vista do Paraíso-PR, à latitude 22°57'S e longitude 51°11'W, em latossolo roxo distrófico, com clima Cfa, mesotérmico úmido. Os sistemas estudados foram: semeadura direta, preparo convencional, semeadura direta com escarificação e mata.

Descrição das áreas:

- semeadura direta (SD): área sob o sistema de semeadura direta há 19 anos.
- preparo convencional (PC): a área estava sob sistema de semeadura direta, sofreu um preparo convencional para a semeadura da safra de verão 1998, depois continuou como SD.
- Semeadura direta com escarificação (SDE): a área estava sob o sistema de SD há 19 anos, sofreu uma escarificação para a semeadura da safra de 1998, depois continuou como área de SD.
- mata (MATA): fragmento de mata (floresta tropical subperenifólia), que já sofreu ação extrativista na época de colonização da região.

A macrofauna invertebrada foi amostrada retirando-se cinco blocos de solo de cada área (25x25x30 cm de profundidade), distanciados em 10 metros. Foram divididos em três camadas: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm (Anderson & Ingram, 1995). Em laboratório, a macrofauna foi separada manualmente e colocada em álcool 75 °GL, sendo classificada e pesada.

Foi realizada uma coleta no período de chuvas (7 e 8 de dezembro de 1998) e outra na seca (26 e 27 de agosto de 1999). Na coleta das chuvas (verão) o milho estava sendo cultivado e na coleta da seca (inverno) o trigo.

Realizou-se a análise multivariada Classificação Hierárquica. A semelhança entre os sistemas agrícolas, quanto à biomassa e densidade populacional total, na profundidade de 0-30cm, foi avaliada através dos dendrogramas obtidos pela Classificação Hierárquica Ascendente, considerando a distância euclidiana como índice de similaridade.

Resultados e discussão

A mata apresentou nas duas coletas (seca e chuva) maior densidade e biomassa que nos outros tratamentos (Tabela 1), além de maior diversidade de indivíduos.

TABELA 1. Densidade populacional e biomassa total (g), por metro quadrado, da macrofauna de invertebrados em latossolo roxo, sob diferentes sistemas de cultivo, em duas épocas do ano em Bela Vista do Paraíso - PR. PC (preparo convencional), SDE (semeadura direta com escarificação), SD (semeadura direta), MATA (fragmento de mata).

	Data da coleta	Densidade populacional por m ²	Biomassa por m ²
PC	Chuvas	633,6	0,8890
	Seca	812,8	1,6785
SDE	Chuvas	259,2	2,2110
	Seca	172,8	4,9460
SD	Chuvas	185,6	1,6115
	Seca	48,0	1,5235
MATA	Chuvas	1110,4	4,0675
	Seca	5625,6	22,4285

Os dendrogramas (Figura 1) mostram que a mata apresenta uma maior distância entre os outros tratamentos, tanto para densidade quanto para biomassa. A densidade (6,51) e a biomassa (8,04) na coleta da seca tem um aumento na distância da mata para os outros tratamentos, mostrando que nesse período há um acúmulo de peso nos indivíduos (Tabela 1). Os dendrogramas (Figura 1) mostram também um aumento da densidade populacional no período de seca devido a alguns grupos que neste período são coletados em maior número, como formigas, cupins, e larvas de pernilongos (Tipulidae, principalmente na Mata); outro fator para o aumento da biomassa e densidade na mata no período de seca, é o fato de muitos indivíduos da macrofauna procurarem a mata como refúgio, muitas vezes entrando em estádios de repouso (diapausa), estando estes grupos localizados principalmente na camada de 0 a 10 cm.

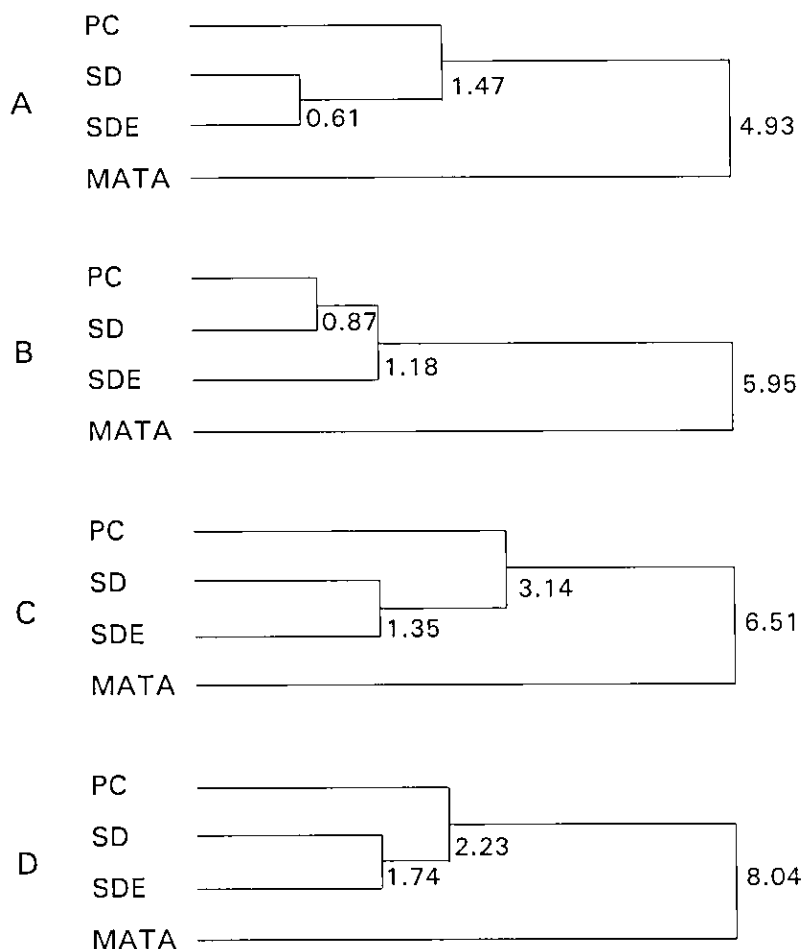


FIG. 1. Dendrogramas obtidos pela Classificação Hierárquica Ascendente, considerando a distância euclidiana como índice de similaridade; as figuras A e C correspondem a densidade populacional das coletas de chuvas e seca, respectivamente; as figuras B e D correspondem a biomassa das coletas de chuvas e seca, respectivamente. SD (semeadura direta), SDE (semeadura direta com escarificação), PC (preparo convencional) e MATA (fragmento de mata).

O preparo convencional e a escarificação (Figura 1) tiveram grande similaridade. Mas podemos diferenciá-los, como podemos observar nos dendrogramas do período de chuvas, onde o preparo convencional apresentou-se distante (1,47) das semeaduras diretas, isso devido a explosão do número de oligoquetas enquitreídeos (601,6 ind/m²), mas que não refletiu a mesma distância na biomassa (0,2744 g/m²). Este aumento dos enquitreídeos no plantio convencional pode estar relacionado com o menor número de inimigos naturais e com a incorporação de matéria orgânica ocasionado pelo preparo recente do solo.

Na coleta da seca o preparo convencional apresenta-se mais distante dos plantios diretos (Figura 1) em relação à densidade e biomassa devido ao aumento do número de formigas na área (Tabelas 2 e 3). Na coleta de chuvas o recente preparo do solo, pode ter exposto as formigas à ação das chuvas, mas no período de seca elas conseguiram restabelecer-se, acompanhado por um aumento natural do número de formigas nesta época como foi visto na mata. As formigas encontradas não eram cortadeiras, e apareceram mais na mata.

Na coleta das chuvas, o número total e a biomassa de oligoquetas (principalmente enquitreídeos) foram bem superiores aos dados da coleta da seca (Tabelas 2 e 3), confirmando que estes tendem a desaparecer nos períodos de seca, porque entram em estivação e tendem a procurar camadas mais profundas do solo (Righi, 1990). As oligoquetas apresentaram maior número de indivíduos no preparo convencional nas duas coletas, porém, não apresentaram maior biomassa (Tabelas 2 e 3).

Os três sistemas de cultivo estudados tiveram grande similaridade (Figura 1). As áreas de SD mantiveram as populações de macrofauna após a ação das máquinas, apesar de notarmos que quanto maior o grau de revolvimento do solo, mais modificações nas populações ocorreram; isto fica claro observando os dados do preparo convencional, que num primeiro momento (coleta na época das chuvas) teve o aumento da população de minhocas e num segundo momento (coleta na época da seca) o aumento da população de formigas. Enquanto que o

TABELA 2. Distribuição dos principais grupos taxonômicos de macrofauna invertebrada nos tratamentos, de acordo com a densidade populacional em indivíduos por metro quadrado (m²), em latossolo roxo, coletado em dezembro de 1998 (Chuvvas) e agosto de 1999 (Seca) em Bela Vista do Paraíso, PR. PC (preparo convencional), SDE (semeadura direta com escarificação), SD (semeadura direta), MATA (fragmento de mata).

	PC			SDE			SD			MATA		
	Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca	
Oligochaeta (enquitrédeos)	601,6	44,8		121,6	0		83,2	9,6		51,2	12,8	
Hymenoptera (Formiga)	6,4	640		51,2	38,4		16	9,6		467,2	1849,6	
Isoptera (Cupim)	0	0		0	0		0	0		166,4	2310,4	
Coleoptera	16	102,4		80	51,2		64	22,4		140,8	105,6	
Diplopoda	0	0		0	9,6		0	0		108,8	41,6	
Chilopoda	6,4	3,2		0	19,2		12,8	0		92,8	96	
Outros	3,2	22,4		6,4	54,4		9,6	6,4		83,2	1209,6	

TABELA 3. Distribuição dos principais grupos taxonômicos de macrofauna invertebrada nos tratamentos, de acordo com a biomassa em gramas por metro quadrado (m^2), em latossolo roxo, coletado em dezembro de 1998 (Chuvvas) e em agosto de 1999 (Seca) em Bela Vista do Paraíso, PR. PC (preparo convencional), SDE (semeadura direta com escarificação), SD (semeadura direta), MATA (fragmento de mata).

	PC			SDE			SD			MATA		
	Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca		Chuvvas	Seca	
Oligochaeta (enquitreídeos)	0,87821	0,13117		1,69008	0		1,12198	0,20899		0,43606	0,65837	
Hymenoptera (Formiga)	0,00141	0,04851		0,01459	0,00774		0,14118	0,01162		0,22720	0,96211	
Isoptera (Cupim)	0	0		0	0		0	0		0,03280	6,21354	
Coleoptera	0,00528	0,56448		0,35597	2,74445		0,33840	0,14310		0,92122	5,84736	
Diplopoda	0	0		0	0,00579		0	0		2,09139	0,96307	
Chilopoda	0,00381	6,80864		0	0,04051		0,00928	0		0,12170	0,21750	
Outros	0,00035	0,93440		0,15043	2,14739		0,00070	1,16009		0,23718	7,56669	

sistema de SD com escarificação teve uma flutuação menor das suas populações comparado à semeadura direta (Tabelas 1 e 2).

O sistema de semeadura direta teve um número muito menor de densidade populacional e biomassa que a mata, mas mostrou ter pouca variação nas populações, o que caracteriza um equilíbrio da população de macrofauna, proporcionado pela pouca movimentação do solo por implementos agrícolas.

Referências

- ANDERSON, J. M. & INGRAM J., 1995. Tropical soil biology and fertility, a handbook of methods. 2nd ed., Oxford, C.A.B., 221p.
- GASSEN, D., GASSEN, F., 1996. Plantio Direto. 207 p.
- PASCHOAL, A., 1979. Pragas, praguicidas e a crise ambiental. 1º ed., Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 106p.
- RIGHI, G. 1990. Minhocas do Mato Grosso e de Rondônia. Brasília: CNPq/AED. 158p.

Maria Elizabeth Fernandes Correia¹; Luciano Lopes Reis¹;
Eduardo F.C. Campello¹; Avílio A. Franco¹

Introdução

A agricultura itinerante ou migratória é a mais extensiva forma de agricultura existente, apresentando uma ampla distribuição geográfica a nível nacional e mundial, notadamente nas regiões tropicais. No Brasil esta prática está difundida em quase todas as regiões fitogeográficas, com diversos estudos na região amazônica (UHL & JORDAN, 1984;), importante expressão local no Vale do Ribeira em São Paulo (HERNANI et al., 1987) e pelo menos duas diferentes formas de condução no Estado do Rio de Janeiro.

No Rio de Janeiro esta prática é empregada em duas regiões fitoclimáticas e com histórico de ocupação bastante distintas: a primeira caracteriza o sistema de Roça Caiçara, praticado a pelo menos 150 anos pelas comunidades tradicionais indígenas e caiçaras concentrados principalmente ao longo da Baía da Ilha Grande (OLIVEIRA et al., 1995). A segunda área em questão é a região serrana do estado do Rio de Janeiro (notadamente a região de Nova Friburgo), colonizada por imigrantes europeus (suíços e alemães) que, por influência da população nativa, mantém esta forma de agricultura até os dias atuais, porém com algumas diferenças da anteriormente descrita. Segundo FREITAS et al. (1997) a seqüência de cultivo/ pousio, nesta última, se processa com 2 a 3 anos de cultivo, seguido de apenas 3 a 4 anos de pousio.

¹ Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 47, 23851-970, Seropédica, RJ, Brasil, e-mail: ecorreia@cnpab.embrapa.br

Além disso é feita uma queimada controlada, que preserva a maior parte da matéria orgânica acumulada e os cultivos são adubados, atingindo níveis de produtividade acima da média regional. Segundo BRONSON (1972) apud OLIVEIRA (1999) a agricultura migratória apresenta as seguintes vantagens: a) minimização de riscos ambientais em função do relativo controle das populações de pragas e ervas daninhas; b) minimização do risco social: sem acesso formal à propriedade da terra, a agricultura migratória apresenta como vantagem em relação aos cultivos permanentes o fato de ser altamente flexível à expropriação, ou a alterações no contingente de mão de obra, de vez que o prejuízo é apenas do trabalho de um ano e c) em locais com solos pobres, a agricultura migratória é muitas vezes a única alternativa possível de exploração econômica.

Com relação ao impacto deste tipo de cultura sobre a paisagem, EWEL (1976) apud OLIVEIRA (1999), destaca que a restauração da fertilidade que ocorre no período de pousio é feita em grande parte pelo retorno da matéria orgânica e nutrientes para a superfície do solo, via produção e subsequente decomposição da serapilheira.

A duração do tempo de pousio tem sido citada como característica de elevada influência sobre a sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica deste sistema, uma vez que, se for muito curto, conduz a uma degradação local muito rápida, com perda da produtividade e por outro lado, se for demasiadamente longo, praticamente o inviabiliza em função da elevada área demandada e do aumento dos custos inerentes à limpeza do terreno. Esta característica parece estar relacionada ao número de indivíduos adultos (abundância) da regeneração natural de plantas, havendo um número máximo acima do qual traria um dispêndio energético maior, para semelhante restituição da fertilidade (ciclagem) (SILVA, 1998).

WHITMORE (1990) afirma que a densidade demográfica, em áreas de agricultura migratória, não deve ultrapassar 10 a 20 pessoas/km², sendo que apenas 10 % da área deve estar sendo cultivada e os 90% restantes se encontrar nas diferentes fases do pousio.

No município de Bom Jardim a pressão conservacionista, sobre os remanescentes da Floresta Atlântica, exercida pelos órgãos de fiscalização tem feito com que os pequenos produtores que utilizam esta prática reduzam o período de pousio, evitando o enquadramento destas áreas na categoria seral de capoeira em estágio avançado de sucessão (Decreto N.º 750 de fevereiro de 1993), impedindo a possibilidade de reutilização da área para a função produtiva. Além dos aspectos relacionados ao curto pousio este sistema difere do praticado na região da Baía da Ilha Grande (OLIVEIRA et al., 1995; SAMPAIO, 1997; SILVA, 1998; OLIVEIRA, 1999), por utilizar corretivos, fertilizantes e pesticidas e por ter um cunho mais comercial do que de subsistência, com predomínio de cultivos mais comerciais como a batata-inglesa, o inhame, o café, a banana e o citrus, sendo o papel do pousio, principalmente, de restituição da matéria orgânica do solo.

Este sistema tem sido considerado de alta eficiência energética e elevado potencial de autosustentabilidade, passando a ser comum entre os agricultores convencionais a utilização de práticas desenvolvidas pela agricultura migratória, na tentativa de minimizar os impactos negativos decorrentes do modelo de agricultura, pautado no elevado gasto de insumos químicos e numa baixa diversidade por área (SILVA 1998).

As alterações decorrentes desta forma de uso da terra, no entanto, têm influência direta na estrutura florística e fitossociológica das áreas abandonadas (OLIVEIRA, et al. 1995; SILVA, 1998) na dinâmica dos nutrientes no solo e nos ciclos biogeoquímicos (GIARDINA et al., 2000; DIEZ et al., 1991; CADIMA et al. 1982), nas características físicas relacionadas à suscetibilidade à erosão (HERNANI et al., 1987; AWETO, 1988) e tem efeito decisivo sobre a biota do solo, sendo justamente esta a característica menos estudada.

Por sua íntima associação com os processos que ocorrem no solo e sua grande sensibilidade a interferências no ambiente, a composição da comunidade da macrofauna do solo reflete o padrão de funcionamento do ecossistema. Dados relativos à sua densidade, diversidade e distri-

buição vertical no solo podem ser utilizados como indicadores da degradação ou da recuperação de ecossistemas, desde que se tome como referência um ecossistema não perturbado (CORREIA & ANDRADE, 1999).

O objetivo geral deste trabalho foi obter indicadores de sustentabilidade do solo e avaliar a estrutura da comunidade da macrofauna do solo das diferentes fases de cultivo, pousio e florestas secundárias, visando um diagnóstico da qualidade ambiental do sistema, que possa dar suporte a políticas públicas voltadas à conservação e recuperação dos remanescentes da Mata Atlântica utilizados no sistema de agricultura migratória.

Materiais e métodos

Descrição da área estudo

As áreas avaliadas fazem parte do manejo empregado no Sítio Cachoeira, localizado nas coordenadas geográficas 22° 09'62" S e 42° 17' 14" W e altitude em torno de 900 m, no 4º distrito de Barra Alegre, Município de Bom Jardim, RJ. Esta região está enquadrada na unidade geomorfológica do reverso das colinas e maciços costeiros do planalto da Serra dos Órgãos. Apresenta litologia metamórfica e tipos de rocha predominantes o granito, gnaiss granitóide, migmatitos e associações (FAPERJ, 1980). Apresenta relevo local e regional montanhoso. O domínio florístico é a Floresta Ombrófila Densa. O tipo climático é o Mesotérmico Úmido, com calor bem distribuído o ano todo e com pouco ou nenhum déficit hídrico (FAPERJ, 1980). A precipitação média anual, segundo a Estação Meteorológica de Nova Friburgo é de 1.400 mm, concentrados no verão.

A litologia predominante na região é o Migmatito da Unidade Rio Negro, sendo que os solos apresentam como material originário sedimentos provenientes de alterações desta litologia. Segundo FREITAS, 1997, nesta região os solos são delgados nas vertentes (litossolos e cambissolos), espessando-se para os fundos de vale (latossolos) e são compostos por depósitos coluviais, ricos em blocos.

Para uma melhor caracterização dos solos da área, foram abertas 07 trincheiras em diferentes parcelas estudadas. A classe de solo predominante na área foi o CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, presente em três dos sete perfis descritos. A distribuição das classes de solo apresentou comportamento parecido, com o descrito por FREITAS (1997), com os cambissolos distribuídos nas encostas (Perfis: Pastagem.; Floresta de 30 anos e Floresta de 150 anos), argissolos distribuídos no terço médio/inferior da paisagem (Perfis: Área 5 e Área 1) e latossolos, também distribuídos no terço médio, porém em outra vertente.

Descrição das parcelas

As parcelas estudadas estão inseridas numa microbacia hidrográfica representativa do quadro de ocupação agrícola da região e que no ano de 2000, apresentavam as seguintes formas de uso do solo:

- F150: área remanescente de Floresta Atlântica, sem intervenção antrópica significativa a cerca de 150 anos;
- F30: área em regeneração natural da Floresta Atlântica, sem intervenção antrópica significativa a cerca de 30 anos;
- F 15: área em regeneração natural da Floresta Atlântica, sem intervenção antrópica significativa a cerca de 15 anos;
- A 1: área no primeiro ano de cultivo agrícola;
- A 2: área no segundo ano de cultivo agrícola;
- A 3: área no terceiro ano de cultivo agrícola;
- A 4: área de capoeira incorporada ao sistema produtivo, em pousio florestal por 1 ano;
- A 5: área de capoeira incorporada ao sistema produtivo, em pousio florestal por 3 anos;
- A 6: área de capoeira incorporada ao sistema produtivo, em pousio florestal com 5 anos .

- Past: área com pastagem natural, com predomínio de *Melinis minutiflora*, por aproximadamente de 15 anos.

A macrofauna do solo nestas áreas foi amostrada em 3 épocas chuvosas consecutivas: novembro de 2000, janeiro de 2002 e maio de 2003. Desta forma, ao optar-se por amostrar seguidamente as mesmas áreas, a idade dos cultivos e dos pousios foi se modificando ao longo destes três anos. A área de cultivo de 1 ano em 2000 (A1) passou a ter dois anos em 2002 e 3 anos em 2003. Isso aconteceu com todas as áreas, sendo que o pousio de 5 anos em 2000 (A6), passou a ter 6 anos em 2002 e em 2003 parte da área continuou em pousio (com 7 anos) e parte retornou ao primeiro ano de cultivo. Para uma melhor compreensão dos dados, a Tabela 1 demonstra a idade das áreas de cultivo e pousio amostradas nas três datas de amostragem:

TABELA 1. Correspondência de idade das áreas de cultivo e pousio ao longo das 3 datas de amostragem da macrofauna do solo.

Áreas monitoradas	Novembro/2000		Janeiro/2002		Maio/2003	
	Uso	Idade	Uso	Idade	Uso	Idade
A1	Cultivo	1 ano	Cultivo	2 anos	Cultivo	3 anos
A2	Cultivo	2 anos	Cultivo	3 anos	Pousio	1 ano
A3	Cultivo	3 anos	Pousio	1 ano	Pousio	2 anos
A4	Pousio	1 ano	Pousio	2 anos	Pousio	3 anos
A5	Pousio	3 anos	Pousio	4 anos	Pousio	5 anos
A6	Pousio	5 anos	Pousio	6 anos	Pousio	7 anos
					Cultivo	1 ano

Amostragem e análises

Por tratar-se de áreas bastante declivosas, a metodologia de amostragem para determinação dos atributos químicos, consistiu na sub-divisão das áreas em três terços (blocos) mais homogêneos (superior, médio e inferior), tendo sido coletadas duas amostras compostas, por terço da paisagem, totalizando seis repetições por área. As amostras de solo

foram coletadas na profundidade de 0 - 10 cm, em novembro de 2000. Os atributos químicos avaliados foram: N-total, por destilação em semi-micro Kjehldal (DIRCEU, 1990); pH, em potenciômetro na relação solo : água de 1:2,5 (EMBRAPA/SNLCS, 1979); C-orgânico, pelo método volumétrico com $K_2Cr_2O_7$ e titulação com sulfato ferroso amoniacal (EMBRAPA/SNLCS, 1979); Ca, Mg e Al trocáveis em extrator de KCl 1 N, segundo EMBRAPA/SNLCS, 1979; K trocável em solução extratora Norte Carolina e determinação por fotometria de chama; P assimilável por colorimetria; Valor S, pela soma das bases trocáveis.

A metodologia de amostragem da macrofauna de solo para avaliação das densidades e da diversidade consistiu da retirada de monolitos de solo com dimensões de 25 x 25 x 30 cm, fracionados em: serapilheira, e profundidades do solo de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. Os pontos de amostragem foram distribuídos nos terços superior, médio e inferior da paisagem, em cada uma das áreas de estudo. Nestas áreas, foram amostrados dois pontos mais ou menos eqüidistantes e distribuídos por terço, totalizando seis pontos amostrais por área. No laboratório procedeu-se à triagem da fauna de solo, onde os animais foram separados em nível de grandes grupos taxonômicos (ordens e famílias) e anotadas as suas densidades. Esta metodologia é especialmente recomendada para avaliação da macrofauna do solo em ecossistemas tropicais pelo programa Tropical Soil Biology and Fertility (ANDERSON & INGRAM, 1993), por explorar um maior volume de solo e aplicar-se bem a grupos de outros invertebrados além de artrópodes, como no caso de Oligochaeta. Para a avaliação das alterações da comunidade da macrofauna do solo nos diferentes sistemas foi utilizado o índice V de WARDLE & PARKINSON (1991). A fórmula utilizada para este índice foi:

$$V = \frac{2d M}{d M + d SM} - 1$$

Onde: V = índice de mudança;

d = densidade;

M = com o manejo;

SM = sem o manejo

A floresta sem intervenção antrópica a 150 anos foi considerada a área sem manejo, enquanto todos os sistemas foram considerados como parte integrante do sistema de manejo. A partir dos resultados gerados, cada grupo foi incluído em uma das categorias apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Categorias de inibição e estimulação dos grupos da fauna de solo em resposta ao manejo (modificado de WARDLE, 1995).

Categoria	Símbolo	Índice V
Inibição extrema	IE	$V < -0,67$
Inibição moderada	IM	$-0,33 > V > -0,67$
Inibição leve	IL	$-0,05 > V > -0,33$
Sem alteração	SA	$-0,05 < V < 0,05$
Estimulação leve	EL	$0,05 < V < 0,33$
Estimulação moderada	EM	$0,33 < V < 0,67$
Estimulação extrema	EE	$V > 0,67$

Resultados e discussão

Fertilidade do solo

De uma forma geral, os maiores teores de nutrientes e pH foram verificados para as áreas de cultivo, enquanto que o inverso foi observado para as áreas em pousio (Tabela 3). Tais resultados podem ser atribuídos às condições de manejo da área, onde as áreas de cultivo sofreram adubações e calagens periódicas, enquanto que nas áreas de pousio, a ciclagem biogeoquímica, constituiu-se na única forma de entrada de nutrientes, no sistema. Some-se a isto, o fato de que as áreas de cultivos foram queimadas por ocasião da abertura da área, provocando elevação nos valores de pH e aumento das bases trocáveis, decorrentes da incorporação das cinzas. No entanto, a queimada por si só não justifica os valores verificados para o 2º e 3º ano de cultivo, uma vez

TABELA 3. Principais características químicas do solo num sistema de agricultura migratória, no município de Bom Jardim, Estado do Rio de Janeiro, amostragem de novembro de 2000, profundidade de 0-10 cm. Média de 3 repetições.

Áreas monitoradas	PH em H2O	Ca	Mg	K	P	C org.	N total	S
		Cmolc.dm ⁻³	Cmolc.dm ⁻³	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%	%	Cmolc.dm ⁻³
A1 ¹	5,44a bcd ²	5,57ab	0,90a	215ab	40,67ab	1,41 bc	0,18 cd	13,14abc
A2	6,04a	7,37a	1,70a	326a	39,00ab	1,97a	0,28a	15,74a
A3	5,14 bcde	4,57 bc	0,83a	174 b	44,00a	1,36 bc	0,20 cd	14,40ab
A4	5,57abc	4,64 bc	1,13a	137 b	22,34 bc	1,30 bc	0,22 bc	11,77abc
A5	5,50abc d	3,87 bcd	0,90a	158 b	36,67ab	1,12 c	0,16 cd	10,44abc
A6	5,77ab	4,70 bc	1,30a	232ab	22,00 bc	1,33 bc	0,21 c	12,00abc
F15	4,80 de	1,84 d	1,16a	112 b	4,00 c	1,58ab	0,20 cd	9,34 bc
F30	4,84 cde	2,04 d	1,06a	110 b	2,67 c	1,50 bc	0,18 cd	12,77abc
F150	4,64 e	3,67 bcd	1,40a	177 b	4,00 c	1,66ab	0,27ab	13,54abc
Pastagem	5,37abcde	2,84 cd	0,93a	146 b	2,67 c	1,48 bc	0,14 d	8,44 c
F calculado	3,99**	5,38**	1,61 ns	2,58*	8,05**	3,18**	3,87**	2,06 ns
CV %	7,36	30,28	32,70	39,36	48,79	15,36	18,65	22,47

¹ A1, A2 e A3: áreas no 1º, 2º e 3º ano de cultivo, respectivamente; A4, A5, A6: áreas com pousio florestal de 1, 3, 5, anos, respectivamente; F15, F30 e F150: áreas de floresta secundária em regeneração de 15, 30 e 150 anos, respectivamente.

² Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

* p ≤ 0,05. ** p ≤ 0,01.

que em outros trabalhos foi observado que esses incrementos são de duração bastante curta. Deve-se considerar que os nutrientes encontram-se em formas prontamente disponíveis, sendo rapidamente absorvidos pelas plantas ou sujeitos a perdas por erosão ou lixiviação (CADIMA et al., 1982; DIEZ et al., 1991; PICCOLO et al., 1996; SILVA, 1998; GIARDINA et al., 2000).

Analisando os valores de pH e teores de Ca, K e P, é possível verificar um efeito residual de calagem e adubação nas áreas no terceiro ano de cultivo e até mesmo nos pousios iniciais (pousios de 1, 3 e 5 anos). Isto foi possível, graças a um manejo mais conservacionista da matéria orgânica, minimizando as perdas dos fertilizantes aplicados. Vale ressaltar, que no sistema em estudo, toda a biomassa vegetal produzida durante os anos de pousio foi enleirada na área e em seguida processou-se uma queima parcial do material. Os dados mostram um diferencial no processo de queima praticado, sendo possível verificar que boa parte do material vegetal não entrou em combustão, sendo posteriormente espalhado na área onde se seguiu com o cultivo. Dentre os cuidados tomados durante o processo de queima, que permite um melhor manejo da matéria orgânica, destaca-se a queimada nas horas mais frescas do dia, e preferencialmente, precedida de uma chuva fina, bastante comum na região, graças aos eventos orográficos. Esta constatação está de acordo com EWEL et al. (1981) citado por GRAÇA et al. (1997) que afirmam que a temperatura do solo durante a queima, geralmente, não é capaz de afetar consideravelmente a matéria orgânica do solo, exceto onde a carga de material combustível está concentrada.

Vale destacar, os maiores valores de pH, Ca, Mg, K, observados para o pousio de 5 anos (ainda que não diferindo significativamente), tanto em relação aos pousios que aparentemente ainda sofreram efeito residual de adubação e calagem (1 e 3 anos), quanto aos pousios de 15, 30 e 150 anos, que expressaram fielmente a influência da ciclagem biogeoquímica na fertilidade do solo. Sendo assim, o pousio de 5 anos se comportaria como um ponto de equilíbrio entre benefícios advindos do efeito residual e da ciclagem biogeoquímica, sendo de importância vital para o sistema de agricultura migratória.

Os menores valores de pH verificados para os pousios de 15, 30 e 150 anos podem ser atribuídos aos ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da intensa decomposição da matéria orgânica, que, por sua vez, propiciaria teores mais elevados de Al trocável (dados não apresentados) na solução do solo. Já os menores teores de Ca e Mg, também verificados para estes pousios, podem ser explicados por uma maior imobilização destes nutrientes na biomassa vegetal, especialmente de troncos e galhos que possuem ciclagem demorada e apresentam, elevados teores destes nutrientes, sendo a biomassa vegetal seu principal compartimento de reserva e não o solo (HAAG, 1985).

Os teores de N-total apresentaram correlação positiva com o teor de matéria orgânica do solo (Figura 1) e não apresentaram maiores decréscimos no seu teor, dos cultivos para os pousios, apresentando, inclusive, maior média para o 2º ano de cultivo. O que pode estar confirmando um manejo mais conservacionista da matéria orgânica, sendo mantida nos cultivos, apesar do constante revolvimento do solo e da topografia acidentada.

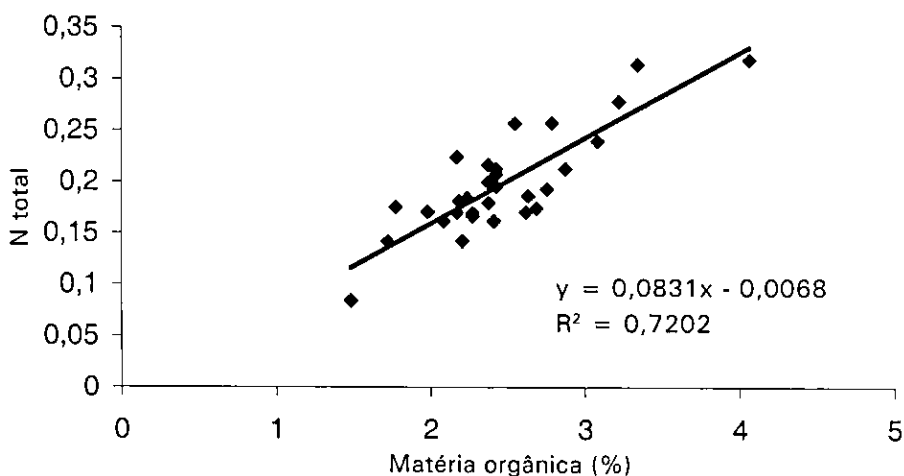


FIG. 1. Regressão entre matéria orgânica e nitrogênio total do solo (%), num sistema de agricultura migratória no município de Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro, para 30 dados.

Apesar de não diferir significativamente pelo teste F ao nível de 95 %, a soma de bases trocáveis (valor S) foi menor (pelo teste de Duncan, a 5 % de probabilidade) para a pastagem, sendo reflexo dos menores teores de Ca, Mg e Na (não apresentado) encontrados para esta área, que também apresentou os menores teores de N total e P e valores intermediários de K.

Considerando os níveis críticos dos nutrientes, para interpretação da análise de solo no estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 1988), os teores médios apresentados para as áreas de cultivo poderiam ser considerados como, muito alto para P e K; alto para Ca + Mg; médio para C-orgânico e moderadamente ácido para pH. Tal interpretação leva a crer que a adubação e calagem praticada nos cultivos estudados, têm sido suficiente para suprir a demanda por nutrientes da maioria das espécies cultivadas, colaborando, do ponto de vista de produção, para o aumento da sustentabilidade do sistema, uma vez que não tende a exaurir as reservas do solo.

A mesma interpretação realizada com base na média apresentada para as áreas de pousio ainda possíveis de serem cortados de acordo com a legislação vigente (CONAMA, 1998) - pousios de 1, 3 e 5 anos - resulta em teores considerados como: muito alto para K; médio para Ca + Mg, P e C-orgânico; baixo para Al trocável e moderadamente ácido para pH. Tal interpretação permite inferir que adubação e calagem, neste sistema tem mais a função de manter o nível de nutrientes no solo, do que suprir deficiências apresentadas pelas culturas, o que pode estar sinalizando com a possibilidade de pequena redução nas doses comumente aplicadas, o que resultaria num maior ganho econômico para o produtor.

Macrofauna do solo

De um modo geral, o ano de 2000 apresentou as maiores densidades globais, assim como de insetos sociais e dos demais grupos da macrofauna do solo. Por outro lado, na amostragem de janeiro de 2002 foram registradas as menores abundâncias para a maioria das áreas (Tabela 4). É provável que a macrofauna tenha sofrido o efeito da

TABELA 4. Densidades expressas em indivíduos m⁻² seguidas pelo respectivo erro padrão entre parênteses da macrofauna do solo, dos insetos sociais e dos demais grupos, num sistema de agricultura migratória, no município de Bom Jardim, Estado do Rio de Janeiro, amostragens realizadas em novembro de 2000, janeiro de 2002 e maio de 2003. Média de 6 repetições.

Áreas	Insetos sociais			Outros			Macrofauna total		
	2000	2002	2003	2000	2002	2003	2000	2002	2003
A1	40 (9)	320 (163)	88 (34)	165 (57)	69 (32)	147 (64)	205 (55)	389 (155)	235 (85)
A2	189 (167)	11 (5)	101 (79)	99 (20)	83 (34)	187 (32)	288 (179)	94 (38)	288 (83)
A3	891 (384)	485 (168)	131 (124)	346 (94)	195 (75)	53 (5)	1237 (396)	680 (166)	184 (123)
A4	1573 (867)	42 (14)	432 (285)	421 (39)	179 (39)	307 (33)	1994 (957)	221 (49)	739 (300)
A5	291 (124)	261 (129)	560 (237)	357 (43)	259 (130)	280 (67)	648 (128)	520 (252)	840 (290)
A6	3677 (3120)	51 (27)	520 (101)	437 (104)	93 (24)	280 (71)	4114 (3217)	144 (50)	800 (97)
F15	1008 (245)	315 (199)	189 (48)	461 (74)	419 (96)	360 (65)	1469 (291)	734 (250)	549 (92)
F30	1331 (589)	19 (235)	861 (359)	437 (85)	349 (180)	272 (36)	1768 (625)	696 (276)	1133 (382)
F150	891 (543)	235 (117)	853 (204)	627 (133)	488 (165)	317 (116)	1517 (672)	723 (279)	1170 (260)
Pastagem	133 (49)	501 (361)	56 (47)	141 (38)	168 (78)	29 (11)	274 (49)	669 (336)	85 (57)

rigorosa seca que excepcionalmente ocorreu no verão de 2001/2002. Esta redução foi observada tanto para os insetos sociais, quanto para os demais grupos da macrofauna. Com a regularização da precipitação no verão seguinte (2002/2003), as densidades voltaram a subir, alcançando na maioria das áreas, valores intermediários, quando se compararam os três anos de estudo.

Com relação à influência do manejo, observa-se que nas áreas A1 e A2, assim como na pastagem, as densidades da macrofauna foram muito baixas, não ultrapassando a marca de 400 indivíduos m^{-2} . A única exceção a este padrão foi a área de pastagem no ano de 2002, onde a densidade foi de 669 indivíduos m^{-2} , sendo que destes, 420 eram indivíduos de Isoptera encontrados em apenas 2 das 6 amostras (Tabela 4). Uma redução nas densidades e na riqueza da fauna do solo decorrente do cultivo em sistema de agricultura migratória também foi observado por SILVA (1998) no litoral sul do Rio de Janeiro.

Outra tendência do impacto do manejo, é que as áreas que estavam sob pousio de 1 ou 5 anos, em maior ou menor grau, representaram situações de incremento nas densidades. Isto ocorreu para o pousio de um ano em A4 em 2000, em A3 em 2002 e em A2 no ano de 2003. No caso dos pousios com 5 anos, este padrão foi detectado em A6 no ano de 2000 e em A5 em 2003.

É interessante notar que as florestas apesar de variarem em idade de 15 a 150 anos, não apresentaram diferenças substanciais de densidade, variando em torno de 1.500 indivíduos m^{-2} no ano de 2000 e de 700 indivíduos m^{-2} em 2002. Somente no ano de 2003, na floresta de 15 anos foram obtidos apenas cerca 50 % do número de indivíduos das duas outras florestas.

Com relação à riqueza de grupos, observamos que de um modo geral, os cultivos e a pastagem apresentaram menos do que 15 grupos (Tabela 5). Assim como para as densidades, a riqueza também apresentou incrementos nas áreas sob pousio há 1 e 5 anos, sendo este padrão mais claramente evidenciado no ano de 2000. Neste ano, em que as condições climáticas foram altamente favoráveis, observamos que a

partir do pousio com 5 anos, a riqueza não variou em relação às florestas de 15 e 30 anos, e a diferença de apenas mais um grupo para a floresta de 150 anos (Tabela 5).

TABELA 5. Riqueza de grupos da macrofauna do solo num sistema de agricultura migratória, no município de Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro, amostragens realizadas em novembro de 2000, janeiro de 2002 e maio de 2003.

Áreas	Riqueza de grupos		
	2000	2002	2003
A1	14	12	15
A2	14	9	13
A3	19	18	9
A4	20	15	20
A5	19	19	20
A6	23	15	16
F15	23	18	18
F30	23	17	19
F150	24	21	19
Pastagem	13	10	5

Os insetos sociais (Formicidae e Isoptera) apresentaram uma elevada dominância em todas as áreas e nos três anos de estudo, como pode ser observado na Tabela 4. Um extremo desta dominância ocorreu na área A6 no ano de 2000, onde do total de 4.114 indivíduos m^{-2} , 3.677 eram de insetos sociais. No ano de 2000, a densidade de Formicidae foi, para algumas áreas, equivalente à de Isoptera (A4, A5 e Pastagem); e em outros casos superior, como em A3, F30 e F15 (Figura 2). Apenas em F150, a densidade de Isoptera foi bem superior à de Formicidae. No ano de 2002, praticamente não foram encontrados indivíduos de Formicidae. As densidades de Isoptera também reduziram-se em relação ao ano de 2000, porém não com tanta intensidade como para Formicidae (Figura 2). No caso do ano de 2003, o padrão de

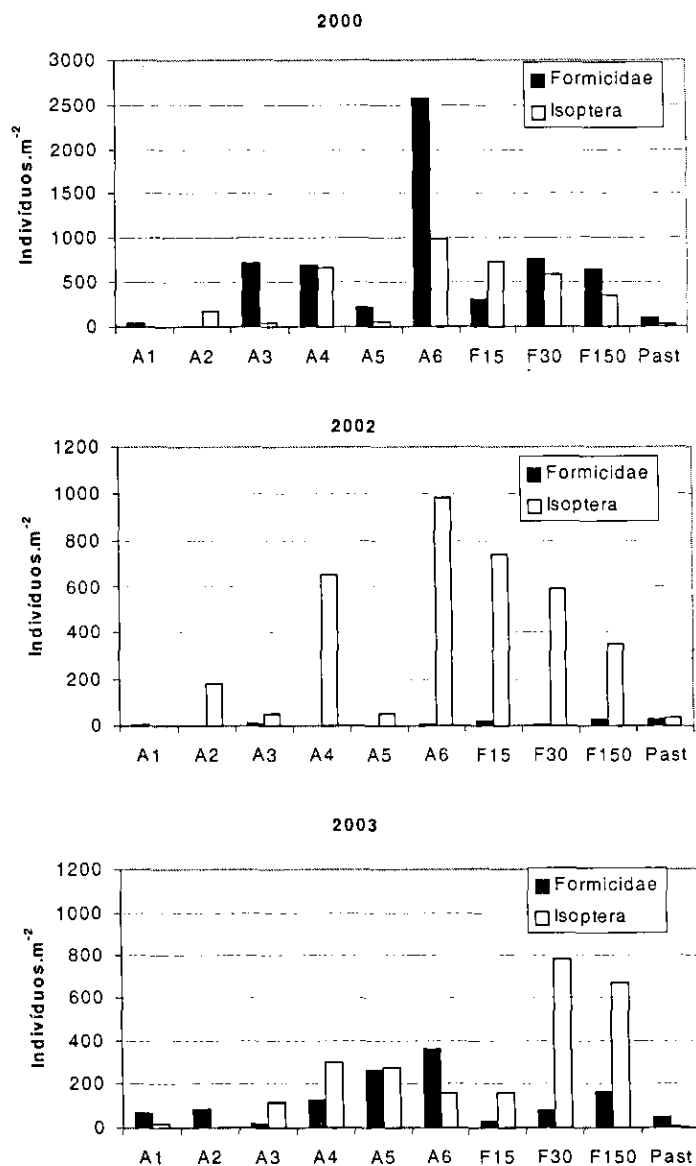


FIG. 2. Densidades, expressas em indivíduos m⁻², de Formicidae e Isoptera num sistema de agricultura migratória no município de Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro, em novembro de 2000, janeiro de 2002 e maio de 2003.

ocorrência de insetos sociais foi totalmente alterado, com uma recuperação no número de formigas e redução no de Isoptera (Figura 2).

Ao aplicarmos o índice V de WARDLE & PARKINSON (1991), tendo-se como referência a floresta de 150 anos, observamos que nas áreas cujo o uso era o cultivo ou a pastagem, 50% ou mais dos grupos da macrofauna do solo foram extremamente inibidos (Figura 3). Isto significa que vários desses grupos foram excluídos dos sistemas manejados, ou tiveram as suas densidades brutalmente reduzidas. Nas áreas que se encontravam em pousio, já no primeiro ano foi observada uma recuperação da riqueza e da densidade, o que fez com que a inibição sofrida pelos grupos fosse atenuada. As áreas que se encontravam com 5 ou mais anos de pousio apresentaram um padrão de inibição/estimulação bastante semelhante ao das florestas de 15 e 30 anos, o que corrobora os outros dados já discutidos.

Conclusão

O sistema de agricultura migratória estudado demonstrou ser um manejo bastante conservacionista da matéria orgânica do solo, que associado à adubação utilizada, contribui para o aumento da sustentabilidade do sistema. O pousio de 5 anos apresentou atributos químicos e da macrofauna do solo superiores aos pousios de 1 e 3 anos, e valores próximos ao pousio mais longo, sem contudo atingir os estádios (médio e avançado) de regeneração da Mata-Atlântica, cujos cortes, exploração ou supressão são proibidos pelo Decreto 750/93 e suas regulamentações, indicando ser o período de pousio ideal para o sistema estudado.

A aplicação do índice V para a macrofauna edáfica demonstrou ser um bom indicador das condições de manejo, sendo capaz de reagir a condições de perturbação, como a recente abertura e queimada de uma área; ou estabilidade, como florestas em diferentes estádios sucessionais.

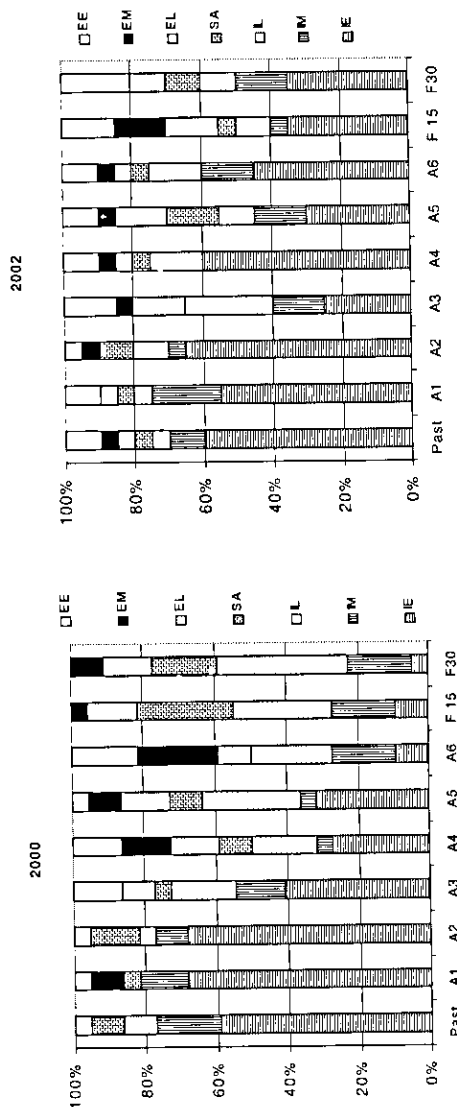
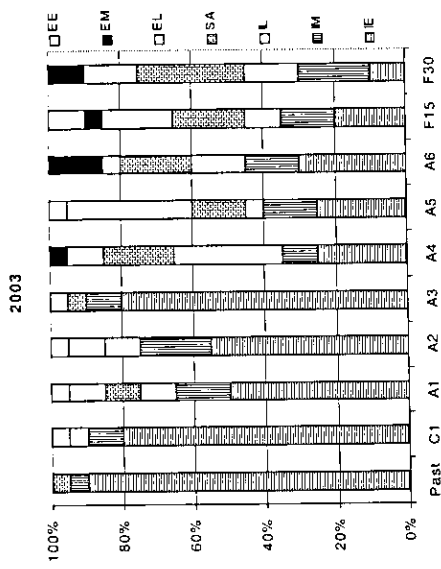


FIG. 3. Resultado da aplicação do Índice V de WARDLE & PARKINSON (1991), aos grupos da macrofauna do solo. Os resultados estão expressos em porcentagem dos grupos classificados nas categorias de inibição/estimulação. IE- Inibição extrema, IM- Inibição moderada, IL- Inibição leve, SA- Sem alteração, EL- Estimulação leve, EM- Estimulação moderada, EE- Estimulação extrema.



Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2. ed. Wallingford. CAB Internacional, 1996. p. 44-46.
- AWETO, A. O. Effects of Shifting Cultivation on a Tropical Rain Forest Soil in South Western Nigeria, Turrialba, Costa Rica, v. 38, n. 1, p. 19-22, 1988.
- CADIMA, A. Z.; SILVA, L. F. ; LOBÃO, D. E. P. Alterações edáficas provocadas por um sistema de agricultura itinerante em solos de tabuleiro do sul da Bahia. Revista Theobroma, Ilhéus, v. 12, n. 4, p. 267-272, 1982.
- CORREIA, M. E. F. ; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. ; CAMARGO, FAO (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.
- DIEZ, J. A.; POLO, A.; CERRI, C. C. ; ANDREUX, F. Influência do pousio e da pastagem sobre a dinâmica de nutrientes em Oxisolos recentemente desflorestados na Amazônia Oriental. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n. 1, p.77-83, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de Levantamentos e Conservação de solos. Manual de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FAPERJ. Anuário estatístico do estado do Rio de Janeiro – 1980. Rio de Janeiro: Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio de Janeiro 506p. 1980.
- FREIRE, L. R.; BLOISE, R. M.; MOREIRA, G. N. C. ; EIRA, P. A. Análise Química do Solo. In: DE-POLLI, H. (Coord.). Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Universidade Rural, 1988, Série Ciências Agrárias, n 2. p. 24-37.
- FREITAS, M. M.; VILELA, C. L. ; COUTINHO, B. H.; MALAGUTTI, A. ; COELHO NETO, A. L. Solos agrícolas sob pousio e resultantes hidro-

erosivas da regeneração espontânea : Bacia do Rio Boa Vista, Nova Friburgo , RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997, RESUMOS...

GRAÇA, P. M. L. A. ; BRITO, M. M. P. ; CERRI, C. C. Mudanças no conteúdo de carbono do solo após a queima na floresta amazônica , em Ariquemes-RO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26. 1997, Rio de Janeiro, RJ. Resumos..., Rio de Janeiro, RJ, 1997. Seção Trabalhos voluntários. 1 CD-ROM.

GIARDINA, C. P.; SANFORD Jr, R. L. ; DOCKERSMITH, I. C. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash-and-burning clearing of dry Tropical Forest. Soil Science Society American Journal, v. 64, p. 399-405, 2000.

HAAG, H. P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 114 p.

HERNANI, L. C.; SAKAI, E.; LOMBARDI-NETO, F. ; LEPSCH, I. F. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em Latossolo Amarelo do Vale do Ribeira, SP: II. Perdas por erosão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 11, p. 215-219, 1987.

OLIVEIRA, R. R.; LIMA, D. F.; DELAMÔNICA, P.; TOFFOLI, D. D. ; SILVA, R. F. Roça caçara: um sistema primitivo auto-sustentável. Ciência Hoje, v. 18, n. 104, p. 44-51, 1995.

OLIVEIRA, R. R. O rastro do homem na floresta : sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob manejo caçara. 1999, Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

PICCOLO, M. C.; BRITO, M. M. P. ; NEILL, C. Efeito do desmatamento e queimada da biomassa nos teores de nitrogênio mineral da solução do solo em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26. 1997, Rio de Janeiro, RJ. Resumos..., Rio de Janeiro, RJ, 1997. Seção Trabalhos voluntários. 1 CD-ROM.

SAMPAIO, P. D. Florística e Estrutura de Floresta Atlântica Secundária – Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, RJ. 1997,

113 f. Tese (Doutorado em Ecologia Geral) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

SILVA, R. F. Roça caíçara: Dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura. 1998, 165 f. Tese (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - UFRRJ, Seropédica, RJ.

UHL, C. ; JORDAN, C. F. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology*, New York, v. 65, p. 1476-1490, 1984.

WARDLE, D.A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in Ecological Research*, New York, v.26, p.105-182, 1995.

WARDLE, D.A. ; PARKINSON, D. Analyses of co-occurrence in a fungal community. *Mycological Research*, Cambridge, v. 95, p.504-507, 1991.

WHITMORE, T. C. An introduction to tropical rain forest. Oxford: Clarendon Press, 1990. 224 p.

17 Efectos del manejo agroforestal sobre las comunidades de lombrices de tierra (annelida: oligochaeta) en un sistema montañoso de Cuba

Carlos Rodríguez A.¹; Dania Prieto, Nicel Rusendo²; Ma. A. Martínez³

La reducción de los bosques en Cuba ha determinado un gran empobrecimiento de éstos. Además de la explotación maderable, parte del desbroce se debió a la necesidad de satisfacer las demandas agrícolas del país. Sin embargo, la sustitución de los ecosistemas naturales por sistemas agrícolas, causan generalmente cambios importantes en las comunidades edáficas. Con el objetivo de determinar los efectos producidos por dos sistemas agroforestales sobre las comunidades de lombrices de tierra y compararlos con los de un bosque natural, se tomaron muestras de hojarasca y suelo en un pinar (*Pinus caribaea*), un cafetal (*Coffea arabica*) y un pluvisilva submontano durante la estación de seca en Topes de Collantes, macizo montañoso de Guamuhaya. Se siguió la metodología del programa internacional TSBF (Anderson e Ingram, 1993). De las siete especies colectadas, seis fueron exóticas, con de *Pontoscolex corethrurus* en el pinar y el cafetal, y se detectó una reducción de la diversidad en el sentido bosque - cafetal - pinar. Sólo se colectaron especies epígeas y endógeas, con mayoría numérica de las últimas en todos los ecosistemas. Los promedios de densidad de la comunidad de lombrices fluctuaron entre 186 ind.m⁻² en el bosque y 458 ind.m⁻² en el cafetal y entre 60.4 g.m⁻² y 100.7 g.m⁻², respectivamente para la biomasa. Los elevados valores de estos

¹ Departamento de Biología Animal y Humana, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25 #455 entre J e I, Vedado, CP 10 400, C. de La Habana, Cuba,

² Facultad de Montaña del Escambray, Trinidad, Sancti Spiritus.

³ Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA.

parámetros se debieron al aporte de la especie invasora *P. corethrurus*. La comunidad se estableció preferentemente en los primeros diez centímetros de suelo, pero los capullos (fundamentalmente de *P. corethrurus*) se colectaron entre los 10 y 20 cm de profundidad. En la distribución horizontal de los animales influyó esencialmente la humedad del suelo. La vía de entrada de las especies invasoras a esta región se debió posiblemente a dos factores, la introducción del pino y el café, y a la degradación de los bosques originales.

Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro

Maria Elizabeth Fernandes Correia¹; Daniele A. Lima¹; Avílio A. Franco,¹
Eduardo F. Campello¹; S.R.L. Tavares²

A Mata Atlântica engloba um diversificado mosaico de ecossistemas florestais, cujos remanescentes estão em grande parte associados a florestas secundárias em diferentes níveis de degradação ou submetidos a diferentes tipos de atividade agropecuária. Por sua íntima associação com os processos que ocorrem no solo e sua grande sensibilidade a interferências no ambiente, a composição da comunidade da macrofauna do solo reflete o padrão de funcionamento do ecossistema. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica, nos municípios de Paraty e Valença (RJ).

O método utilizado para a amostragem da macrofauna de solo foi o TSBF, com 9 pontos amostrais por sistema. Em Valença foram selecionados 2 sistemas de floresta com palmito plantado, um na vertente mais seca da encosta (FPS) e outro na vertente mais úmida (FPU). Em Paraty, foram selecionados 4 sistemas: Floresta secundária (FS), Pasto (P), Regeneração da floresta em bananal abandonado (RBA) e Bananal ativo (B).

Em Paraty, as densidades da fauna de solo variaram de 760 indivíduos/m² em FS a 1.518 ind/m² em RBA. Em termos de densidade, a floresta diferencia-se dos outros 3 sistemas por ter apresentado uma densidade inferior, de cerca de metade dos demais sistemas. No entan-

¹ Embrapa Agrobiologia, ecorreia@cpnpab.embrapa.br, Seropédica, RJ.

² Embrapa Solos, RJ.

to, em termos de diversidade, os três sistemas florestais apresentaram valores relativamente elevados para o índice de diversidade de Shannon, com 3,12 para a FS, 3,13 para a RBA e 2,98 para B em contraste com a baixa diversidade encontrada em P, com valor de 1,4. No caso de Valença, a maior densidade foi encontrada na área mais seca (FPS), com 1.700 ind/m², enquanto que em FPU foram encontrados 1.367 ind/m². No entanto, a diversidade foi ligeiramente maior em FPU, 3,13, comparada a FPS, com 2,74.

LISTA DE PÔSTERES APRESENTADOS



1. Macrofauna de invertebrados do solo em pastagens nos cerrados de Uberlândia-MG.
A. Pasini, I.C.B. Fonseca, M.F. Guimarães, M. Brossard
2. Efeito de diferentes preparos do solo na macrofauna edáfica de um latossolo vermelho distroférrico em Londrina PR.
G.G. Brown, N.P. Benito, O. Brandão Jr., O. Alberton, E. Torres, G.P. Saridakis
3. Scarab beetle-grub holes in various tillage and crop management systems at Embrapa Soybean, Londrina PR.
G.G. Brown, O. Alberton, O. Brandão Jr., E. Torres, G.P. Saridakis
4. La macrofauna del suelo en canaverales con diferente tipo de suelo y/o manejo.
I. Barois, B. Hernández-Castellanos, S. Irissón-Name
5. Comunidades de lombrices de tierra y propiedades fisicoquímicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Tabasco, México.
S. Uribe, C. Frago, J.F. Molina
6. Efectos del manejo agroforestal sobre las comunidades de lombrices de tierra (Oligochaeta) en un sistema montañoso de Cuba.
C. Rodríguez, D. Pietro, M.A. Martínez, N. Rusendo
7. Conversion of native to introduced pastures in SE Mexico: Effects on earthworm communities.
G.G. Brown, A.G. Moreno, I. Barois, C. Frago, B. Hernández, J.C. Patrón
8. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil.
G.G. Brown, E. Torres, N. Benito, A. Pasini, M. de F. Guimarães, K.D. Sauter
9. Atividade da fauna de solo em sistemas sob plantio direto e convencional em Passo Fundo (RS).
D.A. Lima, M.E.F. Correia, V.F. Azevedo, A.M. Aquino, H.P. Santos

10. Macrofauna do solo em diferentes sistemas de manejo e suas feições no perfil cultural.
A.M. Aquino, M.F. Guimarães, J.L. Ribeiro.
11. Diversidade da macrofauna edáfica em área de figueira com diferentes coberturas de solo.
A.O. Merlim, A.M. Aquino, J.G.M. Guerra, E.A. Lima, R.N. Briasson.
12. Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.
M.E.F. Correia, D.A. Lima, A.A. Franco, E.F. Campello, S.R.L. Tavares
13. Dados preliminares da diversidade de térmitas em um gradiente latitudinal de Mata Atlântica.
L.C.M. Oliveira, E.M. Cancelllo

PARTICIPANTES



Alexander Feijoo Martínez

Prof. Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Tecnológica de Pereira
A.A 097
Pereira, Colombia
e-mail: afeijoo@ambiental.utp.edu.co
Telefone: (57) 6-3212443, 3211649

Amarildo Pasini

Departamento de Agronomia
Campus Universitário
Caixa Postal 6001
Londrina, PR - Brasil
e-mail: pasini@uel.br
Telefone: (43) 3371-4725

Ana García Moreno

Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Biología C/ José Antonio Novais, 2
Universidad Complutense de Madrid
28040 Madrid, España
e-mail: agmoreno@bio.ucm.es
www.ucm.es/info/tropico
telephone: (34) 629 274 999 / 91 394 4947

Beto Pashanasi

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Facultad de Zootecnia Yurimaguas, Perú
Particular: Mariscal Cáceres 414 Yurimaguas
Loreto - Perú
e-mail: bpashanasi@viabcp.com
Telefone: (51) 65352527

Carlos Fragoso

Departamento Biología de Suelos
Instituto de Ecología, A.C
Km 2.5 Carretera Antigua a Coatepec nº 351

Congregación El Haya
Código Postal 91070
Xalapa, Veracruz, MÉXICO
e-mail: fragosoc@ecologia.edu.mx
Telephone: (52) (228)8421800 (ext 4403)

Carlos Roberto Brandão
Museu de Zoologia (MZUSP)
Universidade de São Paulo
Av. Nazaré 481
04263-000 - São Paulo, SP - Brasil
e-mail: crfbrand@usp.br
Telephone/fax: (55) 11 61658115

Carlos Rodríguez
Departamento de Biología Animal y Humana
Facultad de Biología
Universidad de Habana
Calle 25 nº 455 entre J e I, Vedado
CP10400, La Habana CUBA
e-mail: crodri@fbio.uh.cu

Catalina C. de Mischis
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba
Avda. Vélez Sarsfield 299
5000, Córdoba, Argentina
e-mail: misch@com.uncor.edu
Telephone: (54) 351- 4332098; 2090; 2100
(54) 351 - 4812543; 4824931
Fax: (54) 351 4259492

Eliana Marques Cancelllo
Museu de Zoologia (USP)
Universidade de São Paulo
Av. Nazaré 481
04263-000 - São Paulo, SP - Brasil

e-mail: ecancell@usp.br
Fone (55) 11-61658134
Fax: (55)11-616558113

Francisco Bautista Zúñiga

Laboratório de Investigación de Edafología
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Km. 15.5 Carretera Mérida Xmatkuil
Universidad Antónoma de Yucatán
Mérida, Yucatán, México
Fax (52) 999 9423205
fone (52) 999 9423200 ext 41
e-mail: bzuniga@tunku.uady.mx
Telephone particular: (52) 9423200 ext 41
(52) 9423212 directo
Fax: 9423205

George Gardner Brown

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR - Brasil
e-mail: browng@cnpsa.embrapa.br
Telephone: (55) 43 3371-6231/
Fax: (55) 43 3371-6100

Isabelle Barois

Departamento Biología de Suelos
Instituto de Ecología, A.C
Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec nº 351
Congregación El Haya
Código Postal 91070
Xalapa, Veracruz, MÉXICO
e-mail: isabelle@ecologia.edu.mx
Telephone: (52) 228 842-18-00 ext 4401

Javier Alvarez

Departamento de Ecología y Recursos Naturales
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
Circuito Exterior
CP. 04510
México, D.F.
e-mail: fjas@hp.fciencias.unam.mx
Telephone: (52) 5622-4835 / 5622-4828

Julio José Centeno da Silva

Embrapa Clima Temperado
Campus Universitário
Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS - Brasil
e-mail: centeno@cpact.embrapa.br
Telefone escritório: (55) 53 2758429
Celular (55) 53 9981-1956

Lenita J. Oliveira

Embrapa Soja
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR - Brasil
e-mail: lenita@cnpso.embrapa.br
Telefone: (55) 43 3371-6208

Maria Elizabeth Fernandes Correia

Embrapa Agrobiologia
BR 465, km 47
23851-970 - Seropédica, RJ - Brasil
e-mail: ecorreia@cnpab.embrapa.br
Telefone: (55) 21 2682-1500 E. 277

Maria de Fátima Guimarães

Departamento de Agronomia
Campus Universitário
Caixa Postal 6001

Londrina, PR - Brasil
e-mail: mfatima@uel.br
Telefone: (43) 3371-4555

Maria de Los Angeles Martínez
Instituto de Ecología y Sistemática
Carretera de Varona km 31/2, Capdevilla, Boyeros
Ap. 8029 CP 10800
La Habana, Cuba
e-mail: maria@ispinet.co.cu
Telefone: 53 (7) 832-8774

Marie Luise Carolina Bartz Cruz
Universidade Estadual de Maringá
Rua Umuarama, 352
87050-700 - Aeroporto Maringá, PR
e-mail: bartzcruz@hotmail.com
Telefone: (44) 9109-4669 / 226-8442 / 3025-3927

Norton Polo Benito (não pôde participar)
Departamento de Agronomia
Campus Universitário
Caixa Postal 6001
Londrina, PR - Brasil
e-mail: npbenito@sercomtel.com.br
Telefone: (43) 3371-4725

Priscila Trigo
Departamento de Agronomia
Campus Universitário
Caixa Postal 6001
Londrina, PR - Brasil

Rogério Ferreira da Silva
Departamento de Agronomia
Campus Universitário
Caixa Postal 6001

Londrina, PR - Brasil

Telefone: (43) 3371-4555

Rui Melo de Souza

Embrapa Clima Temperado

Caixa Postal (P.O.Box) 403

96001-970 - Pelotas, RS - Brasil

e-mail: ruimelo@cpact.embrapa.br; ruimel@ufpel.edu.br

Telefone: (55) 53 2758421 / 53 226 3566 / 99882142 / 911869



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja**

Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta
Fone: (43) 3371-6000 Fax: (43) 3371-6100
Caixa Postal 231 - 86001-970 Londrina PR
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpso.embrapa.br

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Apoio:



**Ministério da Agricultura
Pecuária e Abastecimento**

